Objawy niedoboru magnezu

Akademia Techniczno-Rolnicza

W BYDGOSZCZY
WYDZIAŁ ROLNICZY
KATEDRA OGÓLNEJ UPRAWY ROLI I ROŚLIN

ELŻBIETA WSZELACZYŃSKA

ZALEŻNOŚĆ WALORÓW ODŻYWCZYCH, UŻYTKOWYCH I PRZECHOWALNICZYCH BULWY ZIEMNIAKA OD NAWOŻENIA MAGNEZEM

ROZPRAWA DOKTORSKA
wykonana pod kierunkiem
prof. zw. dr hab. *Ilony Rogozińskiej*
W ZAKŁADZIE PRZECHOWALNICTWA
I PRZETWÓRSTWA PRODUKTÓW ROŚLINNYCH

BYDGOSZCZ 2000

Składam serdeczne podziękowania
Pani prof. zw. dr hab. Ilonie Rogozińskiej
za wskazanie tematu i cenne wskazówki
w trakcie realizowania niniejszej pracy
oraz wszystkim tym,
którzy okazali mi pomoc i życzliwość

SPIS TREŚCI

1. **WSTĘP i CEL BADAŃ** 4
2. **PRZEGLĄD LITERATURY** 6
3. **MATERIAŁ I METODY BADAŃ** 21
   - **3.1.** *Charakterystyka doświadczenia polowego* 21
   - **3.2.** *Charakterystyka odmiany* 23
   - **3.3.** *Warunki meteorologiczne* 23
   - **3.4.** *Metody badań* 29
   - **3.5.** *Opracowanie wyników* 30
4. **OMÓWIENIE WYNIKÓW** 31
   - **4.1.** *Zależność uzyskanego plonu bulw i skrobi od nawożenia magnezem i przechowywania* 31
   - 4.1.1. *Plon bulw i jego straty* 31
   - 4.1.2. *Zawartość suchej masy, skrobi oraz plon skrobi* 32
   - **4.2.** *Wpływ nawożenia i przechowywania na wartość odżywczą bulw ziemniaka* 36
   - **4.2.1.** *Zawartość składników poprawiających wartość odżywczą* 36
   - 4.2.1.1. *Zawartość witaminy C* 36
   - 4.2.1.2 *Azot, białko ogólne i białko właściwe* 37
   - 4.2.1.3. *Zawartość magnezu* 38
   - **4.3.1.** *Zawartość składników pogarszających wartość odżywczą* 39
   - 4.3.1.1. *Zawartość azotanów* 39
   - 4.3.1.2. *Zawartość glikoalkaloidów [TGA] - solaniny* 40
   - 4.3.1.3. *Zawartość metali ciężkich* 40
   - **4.3.** *Wpływ nawożenia i przechowywania na wartość przetwórczą bulw ziemniaka* 43
   - **4.3.1.** *Zawartość cukrów* 43
   - **4.3.2.** *Kwas cytrynowy i chlorogenowy* 41
   - 4.3.2.1. *Zawartość kwasu cytrynowego* 44
   - 4.3.2.2. *Zawartość kwasu chlorogenowego* 45
   - **4.3.3.** *Ocena przydatności technologicznej bulw* 46
   - 4.3.3.1. *Jakość frytek i czipsów* 46
   - 4.3.3.2. *Ciemnienie bulw surowych i ugotowanych* 47
5. **DYSKUSJA** 78
6. **WNIOSKI** 110
7. **SPIS LITERATURY** 112

TABELE 48

1. WSTĘP I CEL BADAŃ

Nawożenie mineralne, warunkujące możliwość uzyskania wysokich plonów ziemniaka jest jednocześnie czynnikiem, który może w bardzo istotny sposób wpływać na jakość bulw. Składnikiem, który szczególnie aktywnie ujawnia swoje działanie w tym zakresie jest niewątpliwie azot. Jest więc zrozumiałe, że badania w tej dziedzinie są prowadzone od wielu lat, a ich wyniki pozwalają już na pełne rozpoznanie jakościowych skutków tego nawożenia.

Określony i stosunkowo dobrze rozpoznany - sprowadzający się głównie do ingerencji w gospodarkę węglowodanową - jest wpływ nawożenia potasem i wprowadzonych z nim składników ubocznych. Natomiast nadal zbyt mało wiadomo o wpływie magnezu na przemiany zachodzące w bulwach ziemniaka, a prace z tego zakresu są nieliczne.

W praktyce nie zaleca się nawożenia magnezem pod ziemniaki. Stanowisko takie uzasadnia fakt, że ziemniaki uprawiane są na oborniku, zawierającym przecież spore ilości magnezu. Rozumowanie takie, aczkolwiek formalnie całkowicie poprawne, może okazać się zbyt uproszczone, gdyż należy pamiętać, że ziemniaki uprawiane są głównie na glebach lekkich, o niskiej zasobności w magnez i szczególnej tendencji do jego strat przez wymywanie.

Jednocześnie pod ziemniaki stosujemy zwykle wysokie dawki potasu, co narusza równowagę jonową w glebie, a w wyniku antagonizmu jonowego potasu w stosunku do magnezu może on utrudniać jego pobieranie przez rośliny. W tej sytuacji stopień wykorzystania magnezu wnoszonego z obornikiem może okazać się dla potrzeb ziemniaka niewystarczający.

Magnez spełnia ważną funkcję w metabolizmie roślin. Bierze udział w przemianie węglowodanów, syntezie białek, aktywizuje przemiany enzymatyczne oraz zwiększa odporność na choroby. Należy więc przyjąć, że optymalne zaopatrzenie ziemniaka w magnez, może mieć decydujący wpływ dla gromadzenia się w bulwach związków chemicznych, jak i ich wzajemnego stosunku, które mają szczególne znaczenie nie tylko dla ich wartości odżywczej, ale również użytkowej.

Wzrost zainteresowania konsumenta zdrową żywnością jak i większe możliwości przetwórstwa w naszym kraju spowodował zmiany kryteriów oceny ziemniaka. Zamiast decydujących cech : potencjału plonotwórczego i odporności na patogeny, zasadnicze znaczenie ma i mieć będzie w najbliższej przyszłości popularność odmiany na rynku i jej ściśle określona przydatność. Jeśli nawet nawożenie magnezem nie dawałoby wyraźnych i opłacalnych efektów w postaci odpowiedniego wzrostu plonu bulw, należy brać pod uwagę możliwość oddziaływania jego na tak ważną obecnie jakość. Zdobycie właściwej pozycji na rynku gwarantują jedynie produkty wysokiej jakości, bowiem o uzyskaniu sukcesu w warunkach konkurencji decyduje przede wszystkim konsument i producent.

Ponieważ ziemniaki spożywa się praktycznie przez cały rok, ważnym czynnikiem jest ich jakość jaką reprezentują bulwy w wyniku ich składowania. Stąd określając jakość bulwy ziemniaka, nie można pominąć ich wartości przechowalniczej.

Celem niniejszej pracy jest określenie, czy i w jakim stopniu zastosowane nawożenie magnezem mineralnym wpływa na jakość bulwy ziemniaka bezpośrednio po uzyskaniu ich pełnej dojrzałości, jak i składowaniu ich przez okres jesienno - zimowy.

Uzyskane wyniki pozwolą na pogłębienie wiedzy - ujmując zagadnienie kompleksowo - na temat wpływu rozpatrywanego zabiegu na ogólnie rozumianą jakość bulwy, jak i określenie najkorzystniejszych dawek MgO dla ziemniaka w zależności od jego przeznaczenia.

Wydaje się, że w takim ujęciu praca powinna mieć zarówno aspekt poznawczy, jak i praktyczny

2. PRZEGLĄD LITERATURY

Ziemniak jest jedną z głównych roślin uprawnych na świecie, plonującą w różnych warunkach glebowych i klimatycznych.

Duże zapotrzebowanie na ziemniaka jadalnego, a także jego ogromna rola jako surowca wyjściowego w przetwórstwie spożywczym wskazują, że roślina ta, jeszcze przez wiele lat będzie jedną z ważniejszych w Polsce [Paprocki S., Kołpak K. 1988; Lisińska G. 1994; Lisińska G., Rutkowski A.1999; Leszczyński W. 1994].

Zawartość składników organicznych i mineralnych, jest zdaniem wielu autorów [Somorowska K. 1976; Mazur T., T.Gawlik 1977; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1977, 1979, 1981; Lisińska G. 1994] głównym czynnikiem decydującym o przydatności ziemniaka jadalnego przeznaczonego do bezpośredniego spożycia i na produkty spożywcze.

Horubała A. 1988; Lisińska G. 1994; Lisińska G., Rutkowski A. 1999 i Leszczyński W. 1994 podają, że zarówno do konsumpcji, jak i do przetwórstwa spożywczego wymagane są ziemniaki o odpowiednich cechach, takich jak :

- regularność kształtu i wielkość bulw,
- brak wad jakościowych i okaleczeń oraz porażeń chorobami,
- odpowiednio wysoka wartość odżywcza - wynikająca z jego składu chemicznego,
- właściwości organoleptyczne, takie jak dobry smak i aromat, właściwa konsystencja, barwa,
- mała skłonność do ciemnienia miąższu surowego i po ugotowaniu,
- przydatność do długotrwałego przechowywania.

Cechy te są uzależnione od biologii ziemniaka, na którą duży wpływ wywierają zabiegi agrotechniczne, a zwłaszcza nawożenie [Ciećko Z., Mazur T. 1974; Augustin J. i in. 1977; Fotyma M.,Grześkiewicz H. 1979; Ahmed S.S, Müller K. 1981; Somorowska K. 1981; Mazur K. i in. 1983; Mazur T., Frieske J. 1984; Müller K. 1986; Rogozińska I., Wojdyła T. 1991; Leszczyński W. 1994].

Najsilniejszy wpływ na poziom plonu ma azot, który jednocześnie może w istotny sposób zmieniać cechy jakościowe bulw, a także prowadzić do

określonych trudności przy ich przechowywaniu, przede wszystkim w związku z opóźnieniem dojrzewania bulw [Augustin J. i in. 1977; Ahmed S.S, Müller K. 1981; Fotyma M. 1985; Müller K. 1986; Rogozińska I. 1987; Rogozińska I., Wojdyła T. 1993], a okres zbiorów często determinowany jest warunkami klimatycznymi. W badaniach Ciećko Z., Mazur T. 1974; Augustin J. i in. 1977; Fotyma M., Grześkiewicz H. 1979; Mazur T., Gawlik T. 1977; Mazur K. i in. 1983; Rogozińka I. 1987; Rogozińska I., Wojdyła T. 1993; obejmujących wieloletnie doświadczenia polowe ze zróżnicowanymi dawkami azotu mineralnego, stosowanego na tle obornika, nawożenie azotem spowodowało we wszystkich latach wzrost plonu. Autorzy ci twierdzą, że w miarę intensyfikacji nawożenia mineralnego, konieczne stanie się wyraźne zróżnicowanie dawek i proporcji poszczególnych składników nawozowych w zależności od przeznaczenia ziemniaków. Dla otrzymania maksymalnego plonu bulw, o dobrej jakości zalecają oni stosowanie dawki 120 kg $N \cdot ha^{-1}$. Jednocześnie istotne współdziałania wskazują, że odmiany nie reagują jednakowo na zwyżkę dawki nawożenia o czym również wspomina Fotyma M., Grześkiewicz H. 1979; Rogozińska I. 1987; Wojdyła T. 1997.

Ilościowo najsilniej pobieranym przez rośliny składnikiem pokarmowym jest potas. Potas stymuluje procesy syntezy białek, cukrów prostych i złożonych [skrobia, celuloza] oraz tłuszczów i kwasów organicznych, w tym szczególnie kwasu cytrynowego i witaminy C. Zwiększona koncentracja kwasu cytrynowego i witaminy C [suma kwasu askorbinowego i dehydroaskorbinowego] w bulwie ziemniaka, wpływa na obniżenie tendencji do ciemnienia, jak i pouderzeniowej plamistości [Mondy N. J. 1971; Müller K. 1986; Rogozińska I. i in.1986; Zgórska K. 1989; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1996]. Te pozytywne cechy bulw, wynikające z zastosowanego nawożenia potasem, wpłynęły w badaniach Mondy N. J. 1971; Müller K. 1986; Rogozińska I. i in.1986 korzystnie na jakość bulwy ziemniaka przechowywanego przez okres jesienno - zimowy. Obok zmniejszanie tendencji do ciemnienia enzymatycznego, potas pomaga w uzyskaniu pełnej dojrzałości w okresie przyjętym do zbioru w odróżnieniu od nawożenia azotem mineralnym [Rogozińska I., Pińska M. 1991, 1995].

Według innych autorów [Magnicki K. 1970; Lehmann K. 1973; Mazur T., Frieske J. 1984; Müller K. 1986; Rogozińska I. 1990, 1991; Ciećko Z. i in. 1994,

1999; Rutkowska U. i in. 1993; Seidler M., Mamzer H. 1994; Rogozińska I. i in. 1995, 1999; Jabłoński K. 1997, 1998; Rykaczewska K. 1999], jednym z głównych pierwiastków modyfikujących skład chemiczny bulw ziemniaka - a tym samym wpływającym na jego wartość odżywczą - jest magnez.

Najbardziej znaną funkcją magnezu w roślinie jest jego udział w budowie chlorofilu, gdzie stanowi on centrum cząsteczki [Wieczer A., Gonczark M. 1977; Czuba R. 1996] pierścienia pirolowego, tworząc kompleks o niskiej trwałości [Wojciechowska M. i in. 1995]. Ilość magnezu związanego z chlorofilem waha się w granicach 15-20% ogólnej ilości magnezu pobranego przez rośliny [Czuba R. 1996]. Zahamowanie syntezy chlorofilu u roślin to jeden z pierwszych objawów niedoboru magnezu w glebie [Kaniuszek I. 1995].

Oprócz udziału magnezu w budowie chlorofilu, pierwiastek ten jest niezbędny w wielu różnych procesach fizjologicznych i biochemicznych jako aktywator licznych enzymów. Odgrywa zatem bardzo ważną rolę w metabolizmie roślin [Wieczer A., Gonczarik M. 1977].

Magnez zalicza się do pierwiastków związanych ze środowiskiem, którego obecność warunkuje podstawowe procesy przemiany materii i energii [Kaniuszek 1995]. W procesie fotosyntezy magnez bierze udział w etapie fosforylacji tzn. "ładowania" i "rozładowywania" nośników energii ADP i ATP, przy którym pełni on rolę kofaktora w czasie wiązania ATP z białkiem enzymu fosfokinazy [Fotyma M., Mercik S. 1992; Lipiński W., Bednarek W. 1996].

Niedobory magnezu w glebach, roślinach, paszach i żywności to problem charakterystyczny dla wielu krajów intensywnego rolnictwa. Ujawnia się on przede wszystkim na glebach lekkich [do 20% części spławialnych] i zakwaszonych.

Do swojego rozwoju bulwy ziemniaka potrzebują swobodnego dostępu powietrza. Dlatego ziemniak wymaga gleby raczej lekkiej, niezbyt zwięzłej, zapewniającej dobre przewietrzanie [Leszczyński W. 1994]. W glebach takich występuje niska zawartość magnezu w skale macierzystej, a jednocześnie zwiększone rozpuszczanie związków magnezu i wymywanie jonów Mg^{+2} do warstw głębszych [Malińska H.1984; Filipek T., Badora A.1995].

Magnez pobierany jest przez rośliny w formie Mg^{+2}. Wielu autorów [Welte E., Werner W. 1963; Jaśkowski Z. 1971; Ochał J., Myszka A. 1984; Fotyma M., Mercik S. 1992; Czuba R. 1996] stwierdzają, że występowanie w nadmiarze konkurencyjnych jonów H^+, NH_4^+, K^+, Ca^{++} utrudnia pobieranie tego składnika, co w rezultacie prowadzi do uzyskania jakościowo gorszych plonów. Szczególnie wyraźnie zaznacza się to między parami kationów K-Mg i Ca-Mg [Welte E., Werner W. 1963; Jaśkowski Z. 1971]. Według Ochał J., Myszka A. 1984 zbyt duży udział jonów Ca^{+2} w kompleksie sorpcyjnym oraz K^+ i H^+ może niekorzystnie wpływać na zaopatrzenie ziemniaka w magnez. Dodatkowo w glebach kwaśnych, oprócz desorpcji i wymywania magnezu w głąb profilu glebowego, często poza zasięg korzeni, zwłaszcza roślin młodych, wykazujących dużą wrażliwość na niedobór Mg, istnieje możliwość konkurencyjnego oddziaływania glinu wymiennego Al^{+3} na jony Mg^{+2} [Filipek T., Badora A. 1995].

Dlatego też nawożenie roślin uprawnych magnezem, w tym również ziemniaka, nabiera coraz większego znaczenia [Hundt J., Kerschberger M. 1991; Mica B., Vocal B. 1993; Rogozińska I. 1991, 1993]. Przemawia za tym wyraźne zubożenie gleb w ten składnik, a zjawisko to jest spowodowane również uzyskiwaniem coraz większych plonów roślin oraz wprowadzeniem skoncentrowanych nawozów mineralnych [Rogozińska I., Wojdyła T. 1991; Mica B., Vocal B. 1993]. Nawożenie mineralne może w znacznym stopniu modyfikować udział kationów w kompleksie sorpcyjnym i w zasadniczy sposób zmieniać proporcje między kationami, niekiedy w kierunku niekorzystnym z punktu widzenia odżywiania roślin [Jaśkowski Z. 1971, 1977; Ochał J., Myszka A. 1983; Mica B., Vokal B. 1993; Filipek T., Badora A. 1995].

Według Jabłoński K. 1998 oraz Wojcieska-Wyskupajtys U. 1996, jednym z podstawowych warunków umożliwiających osiągnięcie wysokich plonów ziemniaka o dobrej jakości jest dostateczne, dobrze zrównoważone zaopatrzenie rośliny w składniki pokarmowe w czasie całego okresu wegetacji. Następstwem tego jest duże zainteresowanie nawożeniem dolistnym. Nawożenie dolistne, w odróżnieniu od doglebowego jest zabiegiem działającym niemal natychmiast, co pozwala na szybkie włączenie brakujących składników do metabolizmu roślin wkrótce po ich zastosowaniu. Dolistnie podane składniki działają z dużą

efektywnością, pozwalając na zmniejszenie ich zużycia [Wojcieska-Wyskupajtys U. 1996], a więc obniżenie kosztów nawożenia [Jabłoński K. 1998].

Doświadczenia Magnickiego K. 1970; Wieczera A., Gonczarika M. 1977 i Jabłońskiego K. 1998 wykazały, że nawożenie dolistne magnezem ziemniaka ma nie tylko korzystny wpływ na wiele procesów fizjologicznych, ale również zwiększa jego odporność na alternariozę i zarazę. Na zasadność stosowania nawożenia magnezem w formie oprysku na ziemniaki wskazują również wyniki doświadczeń przeprowadzonych przez Müllera K. 1986 oraz Rogozińską I. 1991, 1993.

W większości dostępnych nam prac [Tabin S. 1974; Trzecki S. 1976; Evans D., Mondy J.N. 1984; MazurT., Frieske J. 1984; Malińska H. 1984; Reust W., Ryster P. 1987; Rogozińska I. 1990, 1991,1993; Mica B., Vocal B. 1993; Jabłoński K. 1998; Rogozińska I., Wojdyła T. 1991,1993,1996; Rogozińska I. i in. 1999] stwierdzono korzystny wpływ magnezu stosowanego doglebowo na wielkość plonu bulw ziemniaka. Nie bez pozytywnego wpływu na wielkość i jakość plonu pozostaje również dokarmianie dolistne magnezem [Trzecki S. 1976; Rogozińska I. 1991; Rogozińska I., Pińska M. 19991,1995; Rykaczewska K. 1999; Rogozińska i in. 1999]. Według Malińskiej H. 1984 zastosowanie nawozów magnezowych w wypadku ostrego niedoboru tego pierwiastka w glebie, wywoływało wzrost plonów aż o 100%. Już w 1967 roku badania Bireckiego M. wykazały, że przy wysokich plonach szczególnie nawożenie magnezem daje tym większy przyrost plonu, im mniejsza jest zawartość magnezu w glebie.

Rogozińska I., Wojdyła T. 1991 wykazali, że nawożenie magnezem nie wywiera istotnego wpływu na gromadzenie się suchej masy w bulwach ziemniaków, aczkolwiek występuje tendencja [nie udowodniona statystycznie] do dodatniego wpływu magnezu na ten składnik. Jednakże ci sami autorzy prowadząc badania na tej samej odmianie 'MILA', lecz w innych latach [Rogozińska I. i in. 1999] uzyskali istotne dodatnie działanie nawożenia magnezem na koncentrację suchej masy w bulwach, a otrzymanie takiego rezultatu jest zgodne z wynikami badań Mica B., Vocal B. 1993 oraz Müller K. 1988. Rogozińska I. i in. 1999 stwierdzają ponadto, że sposób aplikacji nawozu magnezowego roślinie nie różnicuje wyników w tym zakresie.

Głównym składnikiem suchej masy bulw ziemniaka jest skrobia decydująca o jego wartości energetycznej. Jej udział wynosi średnio 70-80% całej suchej masy [Wieczer A., Gonczarik M. 1977; Leszczyński W. 1994]. Plon skrobi z hektara nie zależy tylko od wysokości plonu ziemniaków z hektara, ale także od procentowej zawartości skrobi w bulwach. Korzystny wpływ nawożenia magnezem na syntezę skrobi, a więc na podniesienie zawartości tego składnika w bulwach ziemniaka różnych odmian, udowodnili w swoich badaniach Trzecki S., Strasburger M 1974; Trzecki S. 1976; Mazur T., Frieske J. 1984. Müller K. 1986.1988; Rogozińska I., Wojdyła T. 1991; Rogozińska I. 1993; Sienkiewicz S. 1995; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1996].

Białko jest podstawowym składnikiem żywych organizmów i bez niego nie jest możliwa żadna forma życia. Produkcja odpowiedniej ilości białka jest jednym z ważniejszych problemów gospodarczych. Pomiędzy białkami występują znaczne różnice dotyczące formy, jak i wielkości cząsteczek oraz liczby i jakości wchodzących w ich skład aminokwasów [Wieczer A., Gonczarik M. 1977; Leszczyński W. 1994]. Wyjątkową pozycję wśród składników bulwy ziemniaka, ze względu na wysoką wartość biologiczną zajmuje białko właściwe "czyste". Zawiera ono wszystkie aminokwasy egzogenne i jako jedno z nielicznych białek roślinnych swą wartością biologiczną odpowiada wartości białka zwierzęcego [Leszczyński W. 1994].

Obecność magnezu niezbędna jest w procesie syntezy białek [Fotyma M., Mercik S. 1992]. Niedostateczne zaopatrzenie rośliny w magnez wywołuje zakłócenia w przemianie materii i syntezie aminokwasów, powodując zmiany w składzie białka i niekorzystny wzajemny stosunek aminokwasów, a nawożenie to zwłaszcza w postaci siarczanu, może powodować podwyższenie zawartości białka w bulwach ziemniaka [Mondy N. J., Pannampalam R. 1986].

Duża efektywność nawożenia magnezem na zawartość azotu w bulwach została udowodniona w doświadczeniach prowadzonych przez wielu badaczy [Lehmann K.; Jaśkowski Z. 1977; Mazur T., Krefft L. 1991; Mazur T., Frieske J. 1984; Rogozińska I. 1991, 1993; Rogozińska I., Wojdyła T. 1993]. W badaniach Rogozińskiej I. i in. 1996 autorzy nie uzyskali istotnego wzrostu zawartości azotu

pod wpływem dawek MgO, stosując odmienne jak w latach poprzednich, zarówno stałe dawki N, P, K jak i Mg..

Nie ulega wątpliwości, że podstawowe biochemiczne i fizjologiczne procesy w bulwach ziemniaka przebiegają w środowisku płynnym, które stanowi przede wszystkim sok komórkowy. Ważnym składnikiem soku komórkowego są kwasy organiczne, takie jak, kwas cytrynowy i jabłkowy, które tworzą się głównie w procesie oddychania i stanowią produkty niecałkowitego utleniania cukrów. Jednakże nie są to jedyne kwasy organiczne w bulwach, gdyż występują tam również kwasy powstałe z dezaminacji aminokwasów, kwas askorbinowy [witamina C] i kwasy polifenolowe [Wieczer A., Gonczarik M. 1977]. Ziemniak w Polsce ze względu na znaczne ilości spożycia na 1 mieszkańca - może być traktowany jako jedno z głównych źródeł zaopatrzenia ludności w witaminę C, pokrywając zapotrzebowanie na nią w 50 - 100% [Woolfe J.A. 1987; Lisińska G., Leszczyński W.1989]. Witamina ta odgrywa istotną rolę w jakości bulw ziemniaka, ponieważ oprócz wartości odżywczych jest czynnikiem przeciwdziałającym ciemnieniu enzymatycznemu bulw [Varis E. 1970; Leszczyński W. 1994]. W wyniku wzrostu witaminy C zmniejsza się wyraźnie tendencja do czarnej plamistości bulw ziemniaka surowego, a także po ugotowaniu [Rogozińska I. 1991; Zgórska K., Frydecka-Mazurczk A. 1996]. Prawidłowe zaopatrzenie ziemniaka w magnez wpływa dodatnio na aktywowanie enzymów odpowiedzialnych za wytwarzanie karotenu, witaminy A, witaminy C [Varis E. 1970; Rogozińska I. 1991, 1993; Rogozińska I., Wojdyła T. 1993, 1996; Sienkiewicz S. 1995] oraz wzrost zawartości kwasu cytrynowego [Müller K. 1986; Rogozińska I., Wojdyła T. 1993]. Rogozińska I. 1991 stosując zróżnicowane dawki nawożenia potasem, zaobserwowała wyraźnie istotnie udowodniony wzrost kwasu cytrynowego, przy czym najwyższe przyrosty uzyskała przy jednoczesnym zastosowaniu nawożenia magnezem.

Magnez jest niezbędnym składnikiem pokarmowym roślin, zwierząt i ludzi. W tej kolejności odbywa się jego obieg w przyrodzie. Niedobory magnezu u roślin powodują niedostateczne zaopatrzenie w ten składnik zwierząt, a w następstwie ludzi, gdyż głównym źródłem magnezu dla człowieka są produkty roślinne i zwierzęce. Wykorzystanie magnezu z produktów spożywczych wynosi 30 - 40%.

Niedobór magnezu w organizmie człowieka powoduje występowanie drgawek, zwiększoną podatność na choroby nowotworowe i choroby układu krwionośnego [Czuba R. 1996], stąd tak ważne jest, aby produkty roślinne zawierały wystarczającą ilość tego składnika. Według opinii wielu autorów [Lehmann K. 1973; Mazur T., Frieske J. 1984; Sienkiewicz S. 1995; Rykaczewska K. 1999] zawartość magnezu w bulwach ziemniaka systematycznie wzrasta w miarę podwyższania dawek tego składnika. Jedynie Giroux M. 1986 stwierdził, że stosowanie magnezu nie zmienia koncentracji tego pierwiastka w bulwach.

W ostatnich latach coraz większą wagę przywiązuje się nie tylko do wartości odżywczych produktów rolnych, ale także do zawartości w nich związków szkodliwych dla człowieka [Ross H. i in. 1978; Friedman M., Dao L. 1992; Reda S. i. in. 1993]. Substancjami szkodliwymi, występującymi w bulwach ziemniaka, są glikoalkaloidy [solanina] oraz azotany. Glikoalkaloidy [TGA] są substancjami naturalnie występującymi w roślinie ziemniaka, spełniając w niej między innymi rolę związaną z odpornością na choroby bakteryjne, grzybowe oraz pewne owady np. stonkę ziemniaczaną [Kuc J.A. 1976; Maga J. 1980; Tingey W.M. 1984]. Jednak główną przyczyną zainteresowania się tymi związkami jest ich wpływ na wartość odżywczą. Ustalono, że zawartość glikoalkaloidów powyżej 12-14 mg% ś.m pogarsza smak bulwy [Mondy N.J. 1971; Ross H. i in. 1978; Maga J. 1980; Sinden S.L. 1984]. Natomiast stężenie przekraczające 20 mg% może być przyczyną zatruć [Ross H. i in. 1978; Maga N.J. 1980; Ahmed S.S., Müller K. 1981; Lisińska G. 1994; Leszczyński W. 1994]. Wiadomo także , że zawartość glikoalkaloidów w bulwach nie zmienia się podczas procesów technologicznych, ponieważ są to związki termostabilne, ulegają rozkładowi dopiero powyżej 250°C, a gorąca woda ekstrahuje je w stopniu niewielkim [Leszczyński W. 1994]. Toteż niska zawartość TGA w bulwach przeznaczonych do konsumpcji jak i na produkty uszlachetnione [frytki i czipsy] gwarantuje brak ujemnych skutków smakowych i zdrowotnych. Według Ahmed S.S., Müller K. 1981; Sinden S.L. 1984; Mazurczyk W. 1988; Love S.L. i in. 1994; Wünsch A., Munzert M. 1994; Frydecka-Mazurczyk A, Zgórska K. 1997 na gromadzenie się solaniny w bulwach ziemniaka wpływ mają warunki meteorologiczne w okresie wegetacji oraz stopień dojrzałości bulw. Autorzy ci stwierdzają również, że zróżnicowanie zawartości tego szkodliwego

związku w bulwach jest związane z odmianą. Podobnego zdania są Rogozińska I., Wojdyła T. 1999, którzy podkreślają, że na zawartość solaniny w bulwach istotny wpływ mają głównie uwarunkowania genetyczne odmian, choć nie wykluczają możliwości oddziaływania na tą zawartość nawożenia. Stosując zróżnicowane nawożenie magnezem, potasem i azotem uzyskali tendencje wzrostowe zawartości solaniny pod wpływem dawek MgO i K_2O, lecz nie były one potwierdzone statystycznie. Ci sami autorzy prowadząc badania kilka lat wcześniej Rogozińska I., Wojdyła T 1990; Rogozińska I.1991, uzyskali odmienne rezultaty, gdyż nawożenie magnezem w formie siarczanowej powodowało wyraźnie istotny spadek zawartości TGA w bulwach ziemniaka u odmian średnio późnych. Natomiast zastosowany przez Evansa D. i Monday N.J. 1984 do nawożenia ziemniaków magnez w formie siarczanu [doglebowo], spowodował istotny wzrost stężenia TGA.

Z punktu widzenia zdrowia konsumenta, bardzo ważnym jest aby bulwy ziemniaka zawierały jak najmniejszą zawartość azotanów [Młodecki H., Piekarski L. 1987; Cieślik E. i in. 1990; Cieślik E. 1992; Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1996]. W uprawie ziemniaka, należy zwrócić uwagę, na dobór takiej metody jego uprawy i nawożenia, które w pełni zabezpieczyłyby bulwy przed nadmiernym gromadzeniem się w nich tego szkodliwego związku [Mazur T., Krefft L. 1984; Cieślik E. i in. 1990; Międzybrodzka A. i in. 1992; Fargasowa A. 1994; Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1996]. Wiadomym jest, że intensywne nawożenia azotem podnosi zawartość azotanów w bulwach [Mazur T., Krefft L. 1984; Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1996]. Cieślik E. i in. 1990 wykazały, że na glebach o dużej zasobności w magnez, fosfor i potas, zawartość tego związku w bulwach ziemniaka znacznie obniża się w stosunku do zawartości w bulwach pochodzących z uprawy na glebach ubogich w te składniki.

Rogozińska I. i in. 1996, 1999, stosując dwie formy nawożenia Mg [doglebowo, dolistnie] uzyskali wzrost zawartości azotanów w bulwie ziemniaka odmiany 'MILA'. Nie bez wpływu na tą zawartość pozostają również temperatura i opady w całym okresie wegetacji [Gislason J. i in. 1984; Międzybrodzka A. i in. 1992; Fargasowa A. 1994]. Cieślik E. 1992 prowadząc badania nad wpływem obróbki kulinarnej na zawartość azotanów i azotynów w bulwach ziemniaka,

udowodniła, że podczas różnych zabiegów [gotowanie, smażenie, chłodzenie, odgrzewanie], następują zawsze ich straty wynoszące, aż 35-70% w stosunku do wartości wyjściowej.

Szybki rozwój przetwórstwa ziemniaczanego w Polsce, jaki dał się zauważyć w ostatnich latach, pociągnął za sobą zmiany w strukturze zagospodarowania plonu ziemniaka na korzyść surowca do przetwórstwa.

W zależności od produktu, jaki chcemy uzyskać z ziemniaka, różne są szczegółowe wymagania w stosunku do niego. O jakości produktów uszlachetnionych [frytki i czipsy] decyduje skład chemiczny bulwy, a w szczególności poziom zawartości takich związków jak sucha masa, skrobia, cukry redukujące i kwas chlorogenowy, oraz podatność bulwy do ciemnienie miąższu surowego i po ugotowaniu [Putz B., Kempf W. 1983; Horubała A. 1988; Zgórska K. 1989; Lisińska G. 1981, 1994; Lisińska G., Rutkowski A.1999; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1996]. Barwa czipsów i frytek jest ściśle skorelowana z zawartością cukrów redukujących oraz poziomem zawartości witaminy C i kwasu chlorogenowego w ziemniaku [Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1981, 1996; Putz B., Kempf W. 1983; Horubała A. 1988; Rogozińska I. 1991].

Putz B., Kempf W. 1983; Horubała A. 1988; Leszczyński W., Lisińska G. 1989; Leszczyński W. 1994; Putz B. 1995; Miller M. 1996 podają, że ciemnienie miąższu bulw surowych jest spowodowane enzymatycznym utlenianiem tyrozyny i kwasu chlorogenowego w obecności enzymu - fenolazy, do ciemno zabarwionych produktów - melanin. Według Pawelzik E., Delgado E. 1999 największy wpływ na ciemnienie miąższu mają stresy jakim poddana jest bulwa ziemniaka. Stres wywołany niedoborem substancji odżywczych, jak i niedoborem wody w okresie wegetacji roślin, powoduje taką zmianę ilości skrobi i suchej substancji, które z kolei mogą zwiększać tendencje do czarnej plamistości oraz obniżać zdolność przechowalniczą i przetwórczą bulw szczególnie na produkty uszlachetnione. Horneburg B., Wirsing F. 1995 prowadząc doświadczenie z nawadnianiem, uzyskali podobne rezultaty. Stosowane przez nich nawadnianie w warunkach dostatecznej ilości wody potęgowało wrażliwość bulwy do ciemnienia. Leppack E. 1995; Miller M 1996 uważają, że sprawcami czarnej plamistości oraz wzmożonej tendencji do ciemnienia miąższu bulw ziemniaka w pierwszym rzędzie są

nieprawidłowości procesów fizjologicznych, które mogą wystąpić w okresie wegetacji. Jak twierdzą Müller K. 1988 i Rogozińska I. 1993, nawożenie magnezem zastosowane na glebach o średniej zasobności w ten pierwiastek, już przy dawce 40 kg/ha ogranicza, lub wręcz eliminuje tendencje do ciemnienia bulw surowych i po ugotowaniu. Według wyżej wymienionych autorów przyczyną tego jest pozytywne oddziaływanie magnezu na zmniejszenie się w bulwach zawartości kwasu chlorogenowego, przy równoczesnym zwiększeniu pod jego wpływem zawartości witaminy C

Ziemniak przeznaczony do celów spożywczych w większości musi być przechowywany przez okres od kilku tygodni, aż do następnych zbiorów [nawet 9 miesięcy]. Jak podają Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1977,1996; Putz B., Berthaller W. 1983; Rogozińska I. 1987; Kubicki K. 1988; Sowa G. 1988; Leszczyński W. 1994, wielkość strat podczas przechowywania zależy od trwałości przechowalniczej oraz temperatury i wilgotności względnej powietrza w przechowalni. Natomiast trwałość przechowalnicza bulw ziemniaka jest w dużym stopniu uzależniona od takich czynników jak : odmiana ziemniaka, warunki klimatyczno glebowe i uprawowe podczas jego wzrostu, choroby, dojrzałość bulw. Na następczy wpływ pogody w okresie wegetacji na ubytki masy bulw w czasie przechowywania, zwrócił uwagę Iritani W. M. i in. 1977, udowadniając, że sucha i ciepła pogoda w okresie wzrostu roślin powoduje wzrost ubytków w czasie przechowywania. Natomiast wyniki badań Sowy G. 1988 wskazują na istotne oddziaływanie pogody w dwóch ostatnich miesiącach wegetacji na zróżnicowanie ubytków naturalnych bulw tylko w początkowej fazie przechowywania. W Polsce wielkość ubytków wynikających z przechowywania jest wysoka, gdyż prawie cały zbiór ziemniaka, w tym również przeznaczonego do celów spożywczych, przechowuje się dotychczas w kopcach. W takich warunkach brak jest możliwości kontroli stanu bulw i ewentualnej ich selekcji w czasie przechowywania oraz brak jest możliwości regulacji temperatury i wilgotności. Odpowiednio dobrana wilgotność względna i temperatura podczas przechowywania zapobiega stratom wynikającym z odparowywania wody [transpiracji] z bulw i ich oddychania [Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1977,1996; Leszczyński W. 1994]. Znane jest ogólne stwierdzenie, że decydujący udział w powstawaniu ubytków

naturalnych ma transpiracja. Nie ma jednak zgodności co do proporcji udziału w stratach - transpiracji i oddychania. Sowa G. 1988 ocenia ubytki masy przez transpirację na 90%, a 10% przypisuje oddychaniu. Natomiast Frydecka Mazurczyk A. 1979 oceniła w swoich badaniach te proporcje na 85% i 15% ogólnych ubytków naturalnych. W wyniku tych procesów następują nie tylko wysokie straty masy, ale również niekorzystne zmiany jakościowe, utrudniające uzyskanie surowca odpowiedniego do przetwórstwa ziemniaczanego [Leszczyński W. 1994].

Warunki panujące w przechowalni, oraz długość okresu przechowywania mogą powodować niekorzystne zmiany jakościowe w zakresie wartości technologicznej, kształtując w nich zawartość suchej substancji, skrobi, cukrów [Mazza G. 1983; Rogozińska I. 1989] oraz wartości odżywczej ziemniaka jadalnego poprzez spadek zawartości witaminy C, białka lub wzrost szkodliwych substancji takich, jak solanina i azotany [Rogozińska I. 1989]. Według wielu autorów, przechowywanie w sposób istotny obniża zawartość suchej masy i skrobi [Rogozińska I. 1989; Rogozińska I., Wojdyła T. 1991; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1996; Wojdyła T. 1997]. Rogozińska I., Wojdyła T. 1991 prowadząc doświadczenie z nawożeniem magnezem stwierdzili, że nawożenie to nie modyfikuje układu wyników po przechowywaniu w zakresie zawartości suchej substancji i skrobi.

W czasie długotrwałego przechowywania bulw ziemniaka zawartość witaminy C zmniejsza się średnio o około 40 - 60% [Amberger A., Schaller K. 1974; Burton W.G. 1982; Kubicki K. 1988; Rogozińska I. 1983, 1990, 1991; Rogozińska I., Wojdyła T. 1991; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1985, 1996]. Największy jej spadek następuje szczególnie w pierwszych 20 - 30 dniach. W końcowym okresie przechowywania może nastąpić szybki jej wzrost. Zjawisko to związane jest niewątpliwie z inicjacją kiełkowania bulw [Amberger A., Schaller 1974; Burton W.G. 1982; Rogozińska I. 1983, 1987]. Według Rogozińskiej I., Wojdyły T. 1991 nawożenie magnezem ogranicza straty witaminy C w czasie przechowywania bulw ziemniaków przemysłowych. Taki sam rezultat uzyskała w swoich badaniach Rogozińska I. 1990 ,1991, oznaczając te straty w bulwach ziemniaków odmian jadalnych.

Odwrotnie do zawartości witaminy C po przechowywaniu, kształtuje się poziom kwasu cytrynowego. Rogozińska I. 1987 badając zawartość kwasu cytrynowego po różnych okresach przechowywania [4 i 6 miesięcy], stwierdziła jego wzrost w każdym terminie obserwacji w stosunku do oznaczeń wykonanych bezpośrednio po zbiorach. Podobne rezultaty dla tych samych terminów uzyskali Amberger A., Schaller K. 1974; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1981. Według Ambergera A., Schallera K. 1974 wpływ temperatury na kształtowanie się zawartości kwasu cytrynowego jest mniejszy, niż reakcja odmian. Odwrotną zależność uzyskały Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1981. Autorki zaobserwowały, że decydujący wpływ na zawartość kwasu cytrynowego miała temperatura przechowywania. Bulwy przechowywane w temperaturze 4° C miały najmniejszą koncentrację kwasu, natomiast podniesienie temperatury przechowywania do 6 i 8° C powodowało systematyczne zwiększanie tego składnika. Na pozytywny wpływ nawożenia magnezem na zawartość kwasu cytrynowego w bulwach zwrócił uwagę Beca J., Mica B. 1979. Odmienne rezultaty uzyskali Dambroth M. 1976 i Specht A. 1981, u których w wyniku składowania prób nawożonych magnezem nastąpił spadek zawartości kwasu cytrynowego.

W początkowym okresie przechowywania występuje zjawisko gojenia skaleczeń bulw, powstałych podczas zbioru i transportu. W tym czasie w uszkodzonych bulwach następuje trwałe, kilkakrotne zwiększenie zawartości związków fenolowych [Rogozińska I., Hippe J., Müller K. 1986; Zgórska K. 1989]. Jest to zjawisko niekorzystne, powodujące wzrost ciemnienia bulw. Nawożenie magnezem przyczynia się istotnie do obniżenia zawartości kwasu chlorogenowego w bulwach po zbiorze, stąd jego niższa zawartość w materiale po przechowywaniu [Rogozińska I. 1990,1991]. W wyniku jesienno – zimowego składowania bulw następuje zawsze wzrost kwasu chlorogenowego, niezależnie od warunków przechowywania, przy czym poziom jego koncentracji uwarunkowany jest od tych samych, co po zbiorze parametrów [Rogozińska I., Hippe J., Müller K. 1986; Zgórska K. 1989; Rogozińska I., Pińska M. 1995; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1996].

Na tworzenie się solaniny w bulwach ziemniaka przechowywanych przez okres jesienno-zimowy, wpływ ma wiele czynników, a do najważniejszych zaliczyć

można właściwości odmianowe, zabiegi agrotechniczne w okresie wegetacji, temperaturę przechowywania i czynniki stresowe [Adler G. 1971; Maga J.A. 1980; Ahmed S., Müller K. 1981; Evans D., Mondy N.J. 1984; Sinden S.L. 1984; Love S.L. i in. 1994; Wünsch A., Munzert M. 1994; Rogozińska I, Wojdyła T. 1993, 1999; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1996]. Wojdyła T. 1997 badając różne odmiany ziemniaka, wykazał istotne zróżnicowanie między odmianami pod względem zawartości glikoalkaloidów po okresie przechowywania, w trakcie którego nastąpił średnio dla wszystkich odmian 12% jej wzrost w stosunku do prób badanych bezpośrednio po zbiorach. Tendencje do wzrostu glikoalkaloidów w wyniku przechowywania bulw występują we wszystkich badaniach cytowanych autorów , niezależnie od nawożenia.

Z uwagi na długotrwałe spożycie ziemniaka w okresie po zbiorach, zmiany zawartości azotanów w trakcie przechowywania mogą wywierać wpływ na wartość odżywczą bulw. Rogozińska I. i in. 1996 przechowując bulwy ziemniaka przez 180 dni, uzyskali spadek zawartości $N\text{-}NO_3$ w bulwach ziemniaków 3 odmian o 16% i był on najwyższy dla odmian pochodzących z obiektów, gdzie stosowano magnez, zarówno doglebowo jak i dolistnie [$\bar{x}$ - 21%]. Gislason J. i in. 1984 badając 5 innych odmian, stosując odmienne nawożenie mineralne, otrzymali podobne rezultaty.

Jakość ziemniaka i sporządzonych z niego czipsów i frytek jest zazwyczaj wynikiem łącznego oddziaływania temperatury i czasu przechowywania. Czynniki te mogą mieć wpływ na kształtowanie się zawartości suchej substancji, skrobi i cukrów i w efekcie wpływać na właściwości organoleptyczne otrzymanych czipsów i frytek Mazza G. 1983.

Bulwy przechowywane w niższych temperaturach 2-4°C zawierają znacznie więcej sacharozy i cukrów redukujących niż przed przechowywaniem, czy po przechowywaniu w temperaturze 7-13°C [Mazza G. 1983; Rogozińska I. 1987; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1996; Wojdyła T. 1997]. Akumulowanie cukrów w bulwach przechowywanych w niskiej temperaturze spowodowane jest stosunkowo małym zwolnieniem tempa przemiany skrobi w cukry [Lisińska G., Leszczyński W. 1989] i zmniejszeniem intensywności oddychania bulw. Przyczynia się to tym samym do dyskwalifikacji takiego surowca do produkcji

frytek i czipsów. Putz B., Bergthaller W. 1983 badając zmiany składu chemicznego bulw przechowywanych przez 11 miesięcy w temperaturze 8° C stwierdzili, że optymalnym okresem przechowywania ziemniaka przeznaczonego do produkcji czipsów jest okres 6 miesięcy. Podobne rezultaty uzyskała Pęksa A. 1994, która wydłużając okres przechowywania z 3 do 6 miesięcy zaobserwowała zmniejszenie zawartości cukrów i poprawę jakości czipsów.

Problem doglebowego i dolistnego nawożenia magnezem roślin w uprawie polowej stał się przedmiotem zainteresowania coraz liczniejszych badaczy, ze względu na brak pełnej wiedzy o wszystkich implikacjach tych zabiegów. Dotyczy to przede wszystkim roślin okopowych. Istniejące pozycje piśmiennictwa traktujące o nawożeniu magnezem ziemniaka, dotyczą głównie plonowania, zawartości skrobi, azotu i magnezu, natomiast mniej jest informacji o wpływie tego nawożenia na inne cechy jakościowe. Poszerzenie więc wiedzy na ten temat staje się rzeczą ważną i godną podjęcia dalszych badań.

3. MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Doświadczenie polowe prowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Akademii Techniczno - Rolniczej w Minikowie [woj. kujawsko – pomorskie] w latach 1995 - 1997. W każdym roku badań bezpośrednio po zbiorach pobierano próby bulw w celu przechowywania ich przez okres jesienno zimowy [1995/96; 1996/97; 1997/1998] w przechowalni Zakładu Doświadczalnego Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Zamartem.

Materiałem badawczym były bulwy ziemniaka odmiany jadalnej 'MILA'.

3.1. Charakterystyka doświadczenia polowego

Podstawą prowadzenia badań było dwuczynnikowe doświadczenie, założone metodą losowanych podbloków. Podblokami I rzędu był termin oceny [2 terminy : po zbiorach i po przechowywaniu], podblokami II rzędu - nawożenie magnezem [6 obiektów].

Doświadczenie przeprowadzono w czterech replikacjach na glebie brunatnej, wyługowanej o składzie mechanicznym piasków gliniastych mocnych zalegających na glinie na głębokości 75 - 85 cm. Gleba zaliczana jest do kompleksu żytniego bardzo dobrego.

W poszczególnych latach badań wybór pola doświadczalnego został dokonany z uwzględnieniem możliwie niewielkiego zróżnicowania gleby pod względem właściwości fizyko chemicznych i przedstawiał się następująco : mg C/100 g 624 - 768; mg N/100 g 4,4 - 5, mg; P/100 g 6,5 - 8,1; mg K/100 g 9,5 - 14,6; mg Mg/100g 4,4 - 5,0; pH w H_2O 5,7 - 6,5; pH w KCl 5,1 - 6,2.

Gleba zalicza się do klasy średniej o niskiej zawartości magnezu [klasa zasobności IV 3,1 - 5,0 mg/100g Mg].

Ziemniaki sadzono mechanicznie w rozstawie rzędów 75 x 30 cm w każdym roku badań w terminie 30.04. Wielkość poletka wynosiła 33,6 m^2, z czego do zbioru przeznaczono 22,4 m^2.

Na poletkach zastosowano pięć poziomów nawożenia magnezem + obiekt kontrolny bez nawożenia Mg w ilości :

15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ - dolistnie

35 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ - doglebowo

50 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ - 35 kg doglebowo + 15 kg dolistnie

70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ - doglebowo

85 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ - 70 kg doglebowo + 15 kg dolistnie

Nawożenie magnezem doglebowo zastosowano przed sadzeniem w formie Kizerytu [$MgSO_4 \times H_2O$], natomiast dawkę dolistną dzielono na połowę i podawano roślinie dwukrotnie na początku i w pełni kwitnienia w formie 5% roztworu soli gorzkiej [$MgSO_4 \times 7\ H_2O$].

Zróżnicowane dawki magnezu podawano na tle stałej dawki azotu w ilości 120 kg $N \cdot ha^{-1}$ [saletra amonowa 34%], fosforu 120 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ [superfosfat potrójny 36%] i potasu 180 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ [siarczan potasu 50%].

Zaznaczyć należy, że pod ziemniaki nie stosowano obornika. We wszystkich latach przedplonem były zboża.

Po wysadzeniu bulw ziemniaka zabiegi pielęgnacyjne wykonano zgodnie z wymogami optymalnej agrotechniki właściwej dla danego gatunku. Przeprowadzono również kompleksową ochroną przeciwko szkodnikom i chorobom grzybowym.

Zbioru bulw ziemniaka dokonano po całkowitym zakończeniu wegetacji roślin. Terminy zbioru w kolejnych latach prowadzenia doświadczenia przypadały : 8-11 09.1995; 17-18 09.1996; 20-21 09.1997.

Po zbiorze, z każdego poletka, w ilościach zgodnych z obowiązującymi normami [3 x 5 kg], pobierano próby przeznaczone do badań analitycznych oraz do przechowalni [3 x 5 kg]. Próby bulw ziemniaka przeznaczone do przechowywania przez okres 6 m-cy umieszczano w woreczkach z siatki stylonowej. W całym okresie jesienno-zimowego składowania bulw utrzymywana była stała temperatura 6°C i wilgotność względna powietrza 95%.

3.2. Charakterystyka odmiany

MILA to odmiana jadalna, średnio wczesna, uprawiana głównie w woj. północnych i zachodnich. Jest ona odmianą dająca średnie plony o średniej zawartości skrobi 15,7%. Jej miąższ jest żółty, smak bardzo dobry, typ kulinarny mieszany - BC [ogólnoużytkowo - mączyste].

Jest ona przydatna do przetwórstwa spożywczego na frytki i czipsy, produkty suszone i mrożone. Nadaje się do przechowywania, gdyż ma dobrą odporność na mechaniczne uszkodzenia i ciemnienie pouderzeniowe.

3.3. Charakterystyka warunków meteorologicznych

W tabeli 1 i 2 przedstawiono przebieg warunków meteorologicznych w formie średnich miesięcznych temperatur oraz sum opadów dekadowych i miesięcznych w porównaniu do wielolecia 1987 - 1997 na podstawie danych otrzymanych z Punktu Obserwacji Meteorologicznych w Minikowie..

W formie graficznej rys.1 - 4 pokazano warunki pogodowe dla całego okresu wegetacji ziemniaka w kolejnych sezonach wegetacyjnych prowadzenia doświadczenie jak również dla wielolecia 1987 - 1997. [Walter H. 1976]. Układ temperatur i opadów w latach prowadzenia badań był zróżnicowany [tab.1,2; rys.1,3].

Najkorzystniejsze warunki termiczne i wilgotnościowe dla uprawy ziemniaka wystąpiły w 1997 roku. Rok 1995 charakteryzował się najniższą ilością opadów i był niesprzyjający dla wegetacji ziemniaka. W roku tym wystąpił szczególnie niekorzystny rozkład opadów - zbyt mała ilość w miesiącu czerwcu i lipcu. Niedobór przypadł na okres wiązania pąków kwiatowych, kwitnienia oraz tuberyzacji, a więc w okresie, w którym rośliny wymagają więcej wilgoci niż w innych fazach wzrostu. Analizując warunki meteorologiczne w roku 1996, możemy stwierdzić, że rok ten charakteryzował się najwyższą ilością opadów, jednakże wystąpił wyraźny okres niedoboru wody w tak ważnym dla wegetacji ziemniaka miesiącu czerwcu i lipcu.

Bulwa ziemniaka odmiana 'MILA' – zbiór 1997 rok

TABELA 1

Średnie miesięczne temperatury w okresie wegetacji1995 - 1997,
na tle średniej z wielolecia 1987 - 1997

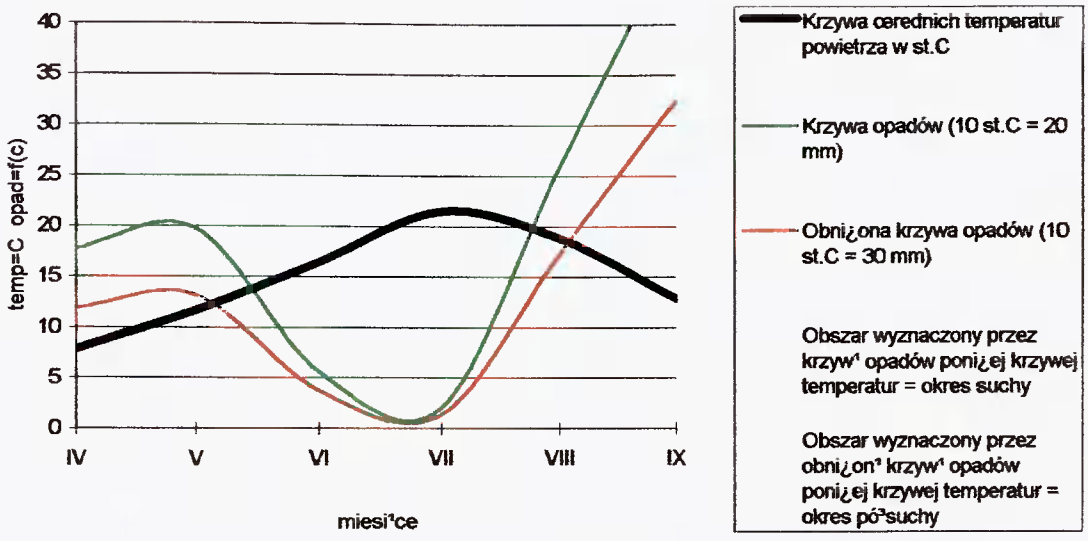
Miesiąc	LATA		
	1995	1996	1997
	Średnie miesięczne temperatury (°C)		
Maj	21,2	13,1	12,2
Czerwiec	16,4	16,6	16,9
Lipiec	20,4	15,7	18,0
Sierpień	18,8	18,4	19,9
Wrzesień	12,8	10,6	17,1
ŚREDNIA w okresie Od sadzenia do zbioru	16,1	14,9	16,8
ŚREDNIA z wielolecia w okresie Od sadzenia do zbioru (1987-1997)	15,6		

TABELA 2

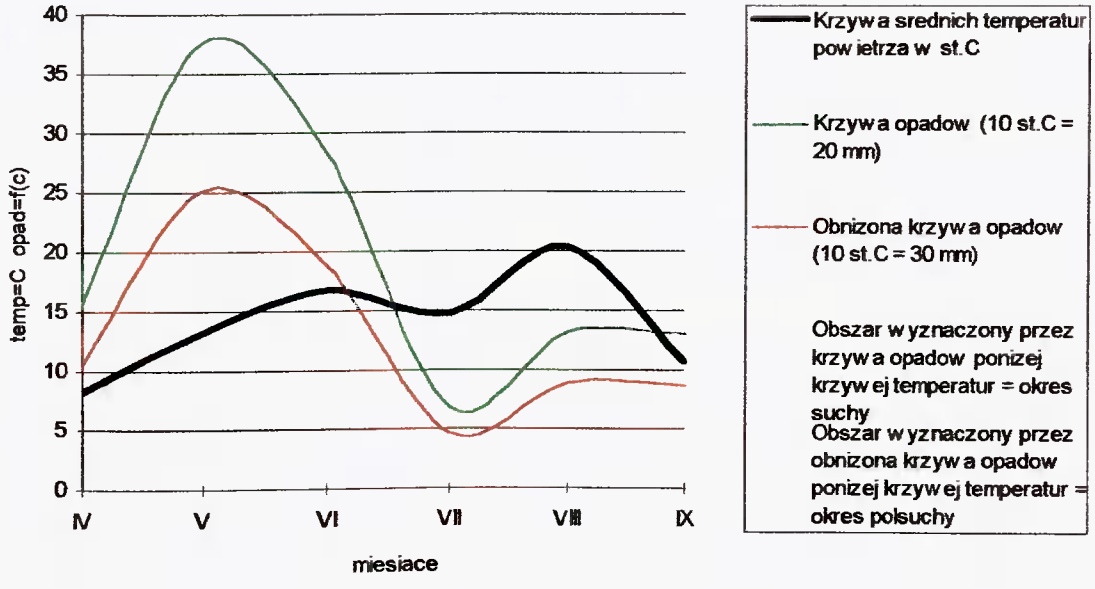
Rozkład sum opadów 1995 - 1997,

na tle średnich z wielolecia 1987 - 1997

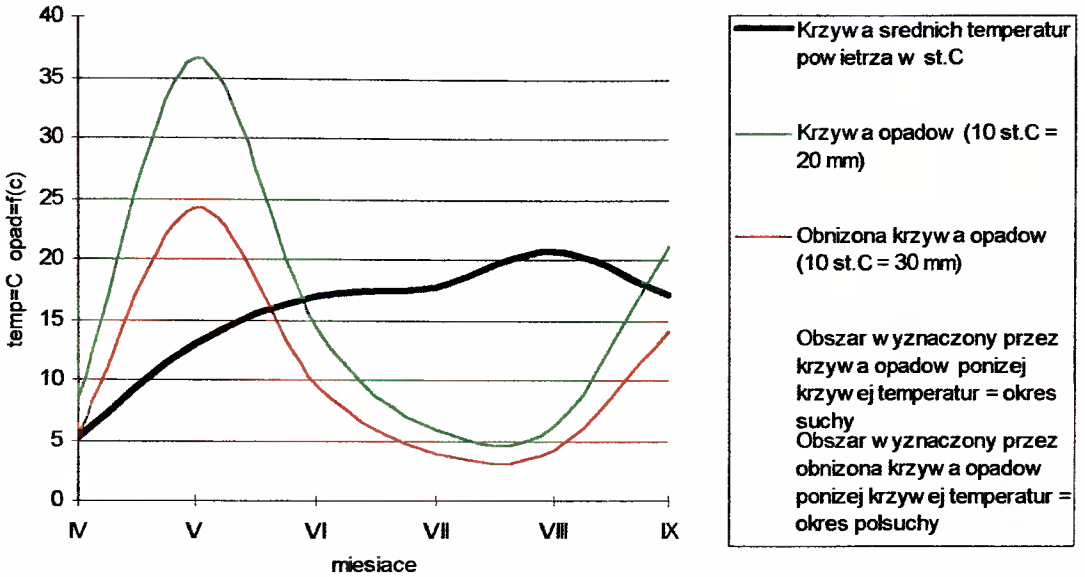
SUMA OPADÓW													
MIESIĄCE	1995				1996				1997				WIELO-LECIE
	DEKADY			Suma	DEKADY			Suma	DEKADY			Suma	
	I	II	III		I	II	III		I	II	III		
maj	11,3	28,0	-	39,3	55,6	7,8	9,6	73,0	31,3	18,4	25,9	75,4	42,2
czerwiec	52,3	46,8	12,4	111,5	1,5	9,1	18,2	28,8	5,4	11,7	38,9	56,5	61,3
lipiec	-	3,0	0,9	3,9	78,8	13,2	26,6	118,6	47,9	40,9	49,6	138,4	60,9
sierpień	0,1	1,4	50,4	51,9	0,3	93,6	32,6	126,5	14,1	11,8	0,4	26,3	52,0
wrzesień	50,4	28,7	18,5	97,6	19,6	10,4	12,2	42,2	19,4	5,7	0,8	25,9	50,9
SUMA w okresie od sadzenia do zbioru				304,2				389,1				322,5	267,3



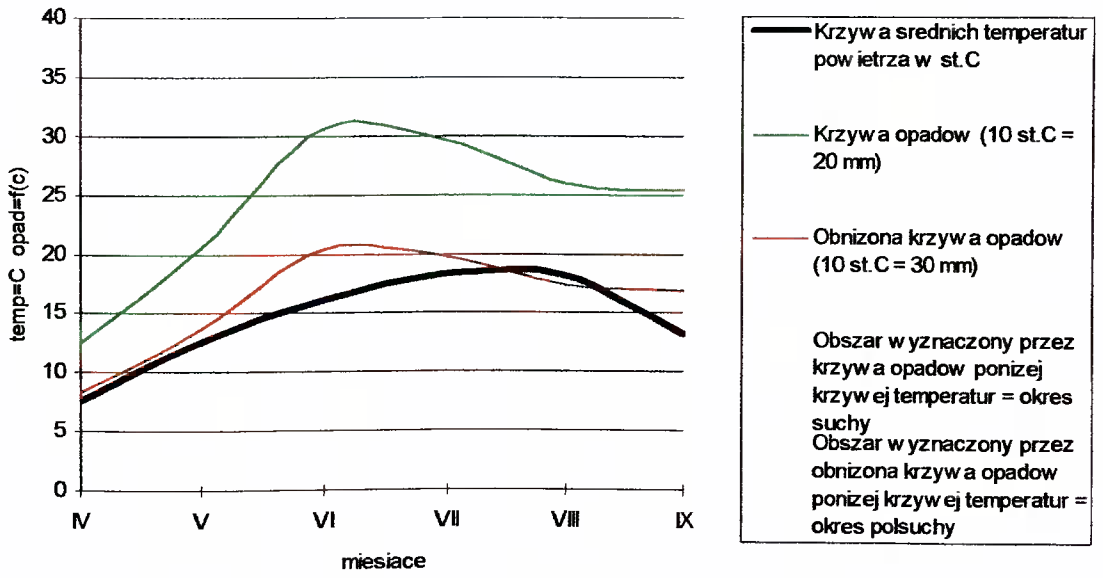
Rys. 1. Przebieg pogody w 1995 roku
(wg Waltera 1976)



Rys. 2. Przebieg pogody w 1996 roku
(wg Waltera 1976)



Rys. 3. Przebieg pogody w 1997 roku
(wg Waltera 1976)



Rys. 4. Przebieg pogody w latach 1987-1997
(wg Waltera 1976)

W przebiegu temperatury wystąpiły odchylenia od średniej za wielolecie. Najchłodniejszy był rok 1996 ze średnią temperaturą w okresie wegetacji ziemniaka 14,9°C, a najcieplejszy 1997 ze średnią temperaturą 16,8°C.

3.4. Metody badań

We wszystkich próbach ziemniaka pobranych bezpośrednio po zbiorach, jak i po pełnym okresie przechowywania, wykonano analizy chemiczne oznaczając w świeżej masie :

1. zawartość suchej masy - metodą suszarkową w temperaturze 60°C, a następnie w 105°C,
2. zawartość skrobi - polarymetrycznie metodą Eversa [Adler 1971]
3. zawartość cukrów ogółem i cukrów redukujących - Talburda i Smitha [1975],
4. zawartość witaminy C - metodą Tillmansa [Budsławski [1972],
5. zawartość solaniny - wg. Swinarskiego i Janickiej [1980],
6. zawartość kwasu cytrynowego - metodą Paczinoka,
7. zawartość azotanów - metodą jonometryczną [Kunsch i in. 1981] za pomocą wielofunkcyjnego przyrządu komputerowego CX-721 firmy Elmetron.

W suchej masie oznaczono :

1. zawartość azotu, białka ogólnego i właściwego - metodą Kjeldahla przy użyciu kwasu trójchlorooctowego,
2. zawartość magnezu - metodą absorbcji atomowej,
3. zawartość metali ciężkich - metodą absorbcji atomowej,
4. zawartość kwasu chlorogenowego - metodą Mapsona i in. [1963].

Badania obejmowały również ocenę ciemnienia miąższu bulw surowych i ugotowanych w odwróconej skali 9° oraz ocenę wartości technologicznej ziemniaka. Schemat produkcji czipsów i frytek w skali laboratoryjnej, jak i oznaczenie jakości czipsów wykonano wg. metody Winigera, Ludwiga [1974], zalecanej przez E.A.P.R - Europen Association for Potato Research. Natomiast jakość frytek oznaczono zgodnie z Instrukcja Zakładu Technologii Badań Jakości - Centralnego Laboratorium Chłodnictwa w Łodzi, uwzględniając konsystencję, smak i barwę frytek po pierwszym i drugim smażeniu.

3.5. Opracowanie wyników

Do uzyskanych i opracowanych wyników z badań laboratoryjnych załączono również plon bulw oraz plon skrobi obliczony w $dt \cdot ha^{-1}$ po zbiorach. Dla określenia wielkości strat przedstawiono dane uzyskane z bilansu po uwzględnieniu rzeczywistych strat świeżej masy.

Wyniki z poszczególnych lat badań poddano analizie wariancji według modelu zgodnego z układem doświadczenia, wykorzystując do oceny istotności różnic Tukey'a.

W celu uzyskania syntetycznego obrazu nakładających się zależności między badanymi cechami przeprowadzono analizę korelacji prostej. W tabeli końcowej zestawiono tylko istotne współczynniki korelacji.

Dla uzyskania zależności między czynnikami doświadczenia, a niektórymi badanymi cechami, przeprowadzono analizę regresji wielomianowej 2° na danych po standaryzacji.

4.OMÓWIENIE WYNIKÓW

4.1. Zależność uzyskanego plonu bulw i skrobi od nawożenia magnezem i przechowywania.

4.1.1. Plon bulw i jego straty

Dla scharakteryzowania materiału użytego do badań, zestawiono w tabeli 3 wysokość plonów bulw uzyskanych w przeprowadzonym trzyletnim doświadczeniu polowym.

Analiza wariancji wykazała, że na plonowanie bulw istotny wpływ miało zarówno nawożenie magnezem jak i termin oceny.

Zastosowane nawożenie magnezem spowodowało istotny wzrost plonu bulw po zbiorach z większości obiektów. Biorąc pod uwagę średnie z całego okresu jedynie z obiektu nawożonego dawką 35 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ stosowanego doglebowo, nie uzyskano istotnej zwyżki plonu w stosunku do kontroli. Należy zwrócić uwagę, że najwyższe przyrosty masy bulw po zbiorach uzyskano na obiektach, gdzie podawano roślinie magnez w formie oprysku dolistnego lub w kombinacji dolistnie + doglebowo. Średnio z trzech lat badań wzrost plonu w stosunku do obiektu kontrolnego w przypadku kombinacji 35+15 kg $MgOha^{-1}$ był o 10,6 $dt \cdot ha^{-1}$, a w przypadku kombinacji 75+15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ - o 27,3 $dt \cdot ha^{-1}$ wyższy.

Za bardzo ważne należy uznać, że już dawka 15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ stosowana tylko dolistnie dawała wzrost plonu o 10,6 $dt \cdot ha^{-1}$.

Przeciętny plon ze wszystkich poziomów nawożenia i lat badań po zbiorach wynosił 270,5 $dt \cdot ha^{-1}$, przy wyraźnym jego zróżnicowaniu w poszczególnych latach badań. Lata te pod względem układu warunków wilgotnościowych i termicznych były wyjątkowo zróżnicowane [tab.1,2]. Najbardziej sprzyjającym dla rozwoju i plonowania ziemniaka okazał się rok 1997, w którym średni plon ze wszystkich obiektów po zbiorach wynosił 374,8 $dt \cdot ha^{-1}$ i był o 28,2% wyższy niż w roku 1996, oraz o 55,2% wyższy niż w roku 1995. Powyższe dane wskazują, iż plon uzyskany

w roku 1995 był wybitnie zaniżony, a wpłynął na to prawdopodobnie dość nietypowy rozkład opadów i temperatur zanotowany w okresie wegetacji. W trzeciej dekadzie czerwca, przy bardzo wysokich średnich miesięcznych temperaturach, wystąpiły zbyt małe opady i susza do połowy sierpnia, zbiegająca się z fazą kwitnienia i dalszego rozwoju bulw.

Niedobór wody w glebie szczególnie w tej fazie rozwoju roślin, w której zapotrzebowanie ziemniaka na wodę jest największe, doprowadza do obniżenia plonu bulw, stąd tak mocno zaniżone plony w 1995 roku.

Głównym zadaniem, jakie stawia się przed racjonalnym przechowywaniem ziemniaka, jest zmniejszenie do minimum ubytków naturalnych. Przechowywanie w sposób istotny obniża plon handlowy bulw o 13,6 $dt \cdot ha^{-1}$.

Straty świeżej masy bulw wynikające z przechowywania [tab.4] oraz wyliczone na tej podstawie straty uzyskanego plonu wykazują, iż najmniejsze ubytki uzyskano przy dawce 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ zastosowanej doglebowo i wynosiły one odpowiednio 4,2% tj. 11,4 $dt \cdot ha^{-1}$. Dodatek dolistny do dawki 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ utrzymywał straty masy bulw również na niskim poziomie wynoszącym 4,4%, co odpowiada 12,7$dt \cdot ha^{-1}$

Średnia strata masy bulw na obiekcie kontrolnym wynosiła 6,3%, co stanowi 16,2 $dt \cdot ha^{-1}$ i była najwyższa w porównaniu do wszystkich pozostałych obiektów.

4.1.2. Zawartość suchej masy, skrobi oraz plon skrobi.

Wpływ nawożenia magnezem i okresu przechowywania na zawartość suchej masy w badanych bulwach ziemniaka ilustrują dane podane w tabeli 5.

Nawożenie magnezem w istotny sposób oddziaływało pozytywnie na zawartość suchej masy w stosunku do obiektu kontrolnego. Wystąpiły również różnice w kształtowaniu się zawartości suchej masy między poszczególnymi obiektami nawozowymi. Wzrastające dawki nawożenia magnezem, niezależnie od sposobu podawania go roślinie, do łącznej dawki 35 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ powodowały systematyczny, istotnie udowodniony wzrost zawartości suchej masy. Wyższe dawki MgO powodowały istotnie udowodniony wzrost zawartości suchej

masy w stosunku do obiektu bez nawożenia. Nie uzyskano jednak tak zadawalającego efektu jak przy niższych dawkach MgO.

Porównując zawartość suchej masy w badanych bulwach ziemniaka w poszczególnych latach, można doszukać się wyraźnej zależności w kształtowaniu się jej poziomu od przebiegu warunków meteorologicznych w okresie wegetacji. Najniższa koncentracja suchej masy w analizowanych bulwach po zbiorach była w roku 1995 i wynosiła 21,4% [$\bar{x}$ dla obiektów]. Wprawdzie rok ten charakteryzował się dość wysoką sumą opadów w całym okresie wegetacji [tab.2], jednak rozkład tych opadów był dla nagromadzenia się suchej masy w bulwach ziemniaka bardzo niekorzystny. Zbyt wysokie temperatury w okresie od czerwca do sierpnia w roku 1995, spowodowały wczesne zasychanie naci - a więc skrócenie okresu wegetacji. Najkorzystniejszy okazał się rok 1997, gdzie zawartość suchej masy po zbiorach była najwyższa i wynosiła średnio dla obiektów 22,6%.

W trakcie przechowywania w wyniku oddychania i kiełkowania bulw, zawartość suchej masy ulega spadkowi. Wielkość tych strat uzależniona jest od warunków i długości przechowywania. W przeprowadzonym doświadczeniu przechowywanie w sposób istotny powodowało obniżenie zawartości suchej masy [tab.5]. Najwyższe straty suchej masy po przechowywaniu odnotowano dla zbioru z roku 1997, wynosiły one 5,3% w roku 1996 – 3,1% a w roku 1995 – 3,3%.

Nieco inaczej przedstawia się interpretacja wyników rzeczywistej zawartości suchej masy w bulwach ziemniaka po ich przechowywaniu uzyskana z bilansu, uwzględniającego istotne straty świeżej masy bulw ziemniaka w trakcie przechowywania spowodowanych transpiracją i oddychaniem [tab.6]. Po okresie długotrwałego składowania bulw ziemniaka notuje się straty, które po sezonie przechowalniczym 1997/98 były najwyższe i wynosiły średnio 10,2%, a najniższe po sezonie 1996/97 - 6,9%. Jest to ściśle związane z rzeczywistą stratą masy bulw po przechowywaniu, gdyż w sezonie przechowalniczym 1996/97 była ona najniższa i wynosiła 4,1%. Potwierdza to dodatni współczynnik korelacji r=0,50 [tab.30] pomiędzy wielkością plonu, a zawartością suchej masy.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że reakcja badanej odmiany na zawartość suchej masy w bulwach po przechowywaniu w zależności od zastosowanego nawożenia magnezem jest taka sama jak po zbiorach.

Najważniejszym składnikiem suchej masy jest skrobia [tab.7]. Jej zawartość w bulwach ziemniaka zależy od czynnika genetycznego oraz warunków meteorologicznych w okresie wegetacji - głównie temperatury. Porównując wyniki zawartości suchej masy i skrobi w bulwach między poszczególnymi latami badań, okazuje się , że dla roku 1995 otrzymano te same relacje, gdyż odnotowano w nim podobnie jak przy suchej masie również najniższą zawartość skrobi w bulwach - 14,4% [$\bar{x}$ dla obiektów]. Inaczej nieco kształtuje się jej zawartość w pozostałych latach. Najwyższą zawartością skrobi po zbiorach charakteryzowały się bulwy w roku 1996, a nie jak w przypadku suchej masy w roku 1997. Ta odmienna reakcja tej samej odmiany prawdopodobnie spowodowana była niekorzystniejszym rozkładem temperatur w okresie gromadzenia się skrobi.

Obliczenia statystyczne wykazały również istotność wpływu nawożenia magnezem na zawartość skrobi. Należy jednak zwrócić uwagę, że podobnie jak przy suchej masie najistotniejszy wzrost zawartości skrobi uzyskano już przy dawce 35 kg $MgO \cdot ha^{-1}$. Dolistny dodatek do tej dawki w ilości 15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ nie spowodował istotnych zmian. Dalsze podnoszenie dawki nawozu magnezowego powodowało nieznaczne obniżenie zawartości skrobi w stosunku do obiektów niżej nawożonych. Otrzymanie takiego rezultatu nie wydaje się być zaskoczeniem, a potwierdza to w pełni otrzymany dodatni współczynnik korelacji - sucha masa : skrobia; r=0,71 [tab.30].

Zawartość skrobi w bulwach po okresie długotrwałego ich przechowywania generalnie uległa istotnemu obniżeniu o 4%, w rzeczywistości straty te wynosiły 8,8% [tab.8]. Podobnie jak po zbiorach na zawartość skrobi po przechowywaniu istotny okazał się wpływ dawki nawożenia magnezem przy zachowaniu tych samych relacji.

Plon skrobi uzależniony jest w głównej mierze od procentowej jej zawartości oraz plonu ogólnego. Wobec stosunkowo niewielkich różnic między obiektami w zawartości skrobi, obliczony jej plon [tab.9] wykazuje podobne zależności jak plon bulw. O takiej zależności świadczyć może fakt, że plon skrobi jest dużo bardziej dodatnio skorelowany z plonem bulw niż z zawartością skrobi, a współczynniki korelacji wynoszą odpowiednio r=0,99 i r=0,63 [tab.30]. Zależności te dotyczą również pozytywnego wpływu nawożenia magnezem na plon skrobi, zwłaszcza

na obiektach 35 i 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ stosowanego doglebowo z dodatkiem 15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ dolistnie, gdzie uzyskano podobnie jak przy plonie bulw najwyższy plon skrobi.

Ubytki świeżej masy i skrobi wynikające z jesienno – zimowego składowania bulw spowodowały istotny spadek plonu skrobi. Średnio z lat badań straty te wyniosły 8,3% tj. $3,4 dt \cdot ha^{-1}$.

4.2. Wpływ nawożenia magnezem i przechowywania na wartość odżywczą bulw ziemniaka.

4.2.1. Zawartość składników poprawiających wartość odżywczą.

4.2.1.1. Zawartość witaminy C

Z punktu widzenia odżywczego bulw ziemniaka bardzo ważnym ich składnikiem jest witamina C. Dlatego też oznaczono sumę zawartości kwasu askorbinowego i dehydroaskorbinowego [witaminy C], a wyniki przedstawiono w tabeli 10.

Zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka jest głównie uwarunkowana genetycznie, choć nie wyklucza się, iż może ją modyfikować nawożenie mineralne i warunki meteorologiczne.

Największą zawartość witaminy C po zbiorach miały próby w 1997 roku - 21,9 mg% w św. masie [$\bar{x}$ dla obiektów]. Prawdopodobnie uzyskanie takiego rezultatu było wynikiem najbardziej sprzyjających w tym roku warunków pogodowych w czasie całego okresu wegetacji dla uprawy ziemniaka.

Wpływ dawki nawożenia magnezem na zawartość witaminy C w bulwach analizowanych po zbiorach okazał się pozytywnie istotny w stosunku do obiektu kontrolnego. Mimo że najwyższą zawartość witaminy C otrzymano w bulwach pochodzących z obiektu w kombinacji 70+15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$, to najkorzystniejsza okazała się dawka 35+15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$. Wzrost zawartości między tymi obiektami był bowiem niewielki 1,8% i nie udowodniono go statystycznie. Natomiast warto zauważyć, że dawka 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ spowodowała nawet nieznaczny spadek zawartości witaminy C w stosunku do obu wyżej wymienionych kombinacji nawozowych. Zastosowanie 15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ dolistnie powodowało już istotny wzrost zawartości badanego składnika w stosunku do kontroli. Natomiast nie zanotowano istotnej różnicy pomiędzy obiektami 15 a 35 kg $MgO \cdot ha^{-1}$. Można

więc przypuszczać, że nie bez znaczenia na koncentrację witaminy C w bulwach ziemniaka miał dodatek magnezu podawany roślinie dolistnie.

Zawartość witaminy C w czasie przechowywania bulw przez okres 6 miesięcy obniżyła się w stosunku do zawartości po zbiorach o 34%, osiągając średnią zawartość w badanych próbach 14,0 mg% w św. masie. Najwięcej kwasu askorbinowego i dehydroaskorbinowego odnotowano po przechowywaniu w próbach pochodzących z tych obiektów , w których bulwy zgromadziły w okresie wegetacji największe ilości witaminy C. Można więc stwierdzić, że nawożenie magnezem podnosząc zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka po zbiorze jednocześnie przyczynia się do jej większej zawartości po przechowywaniu [udowodniono statystycznie].

4.2.1.2. Azot, białko ogólne i białko właściwe.

Na zawartość azotu w badanych bulwach ziemniaka istotny wpływ miały wszystkie czynniki doświadczenia: nawożenie magnezem oraz termin oceny [tab.11]. Nawożenie wzrastającymi dawkami magnezu do dawki łącznej 50 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ przyczynia się do systematycznego wzrostu zawartości azotu w bulwach ziemniaka. Dalsze podwyższanie dawki, mimo że istotnie podnosi zawartość azotu w stosunku do obiektu bez nawożenia, powodowało spadek jego zawartości.

Zawartość azotu po przechowywaniu wzrosła średnio o 3,8%. Należy jednak zauważyć, że tendencje wpływu dawki nawożenia magnezem na zawartość azotu po przechowywaniu są takie same jak po zbiorach.

Wyjątkową pozycję wśród składników bulwy ziemniaka, decydującą o jego wartości odżywczej stanowi białko, a zwłaszcza tzw. białko właściwe lub "czyste". Jak wynika z tabeli 12 i 13, na zawartość białka ogólnego i białka właściwego istotny wpływ miało nawożenie magnezem. Analizując wyniki zaobserwowano podobne tendencje wpływu dawki MgO na procentową zawartość obu białek. Najwyższy istotnie udowodniony wzrost zawartości białka ogólnego i właściwego średnio z trzech lat badań uzyskano przy dawce 35+15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$, zarówno po

zbiorze jak i po przechowywaniu. Ponieważ oba białka wysoce dodatnio skorelowane są z zawartością azotu [dla białka ogólnego r=0,91, dla białka właściwego r=0,60; (tab.30)], a jego zawartość w bulwach azotu przy dawce 50 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ była najwyższa, otrzymanie takiego rezultatu wydaje się sprawą oczywistą. Nie można pominąć faktu, że pod wpływem tej dawki wzrost dla białka ogólnego wynosił 21,3%, a białka właściwego aż 30,7%.

Po przechowywaniu nastąpił istotny wzrost zawartości białka właściwego o 3% w stosunku do jego średniej zawartości po zbiorach i przy zachowaniu tych samych relacji wpływu dawki magnezu.

Procentowy udział białka właściwego w białku ogólnym [tab. 14] pod wpływem dawek magnezu wzrastał istotnie, zarówno w próbach badanych po zbiorach jak i po przechowywaniu w stosunku do obiektu, na którym nie stosowano nawożenia. Z punktu widzenia wartości odżywczej wzrost białka właściwego po przechowywaniu jak i wzrost jego udziału w białku ogólnym jest tendencją niezwykle korzystną.

4.2.1.3. Zawartość magnezu

W tabeli 15 zamieszczono wyniki analiz dotyczących zawartości magnezu w bulwach ziemniaków. Jak wynika z tych danych zawartość magnezu na wszystkich obiektach istotnie rosła pod wpływem zastosowanego nawożenia magnezem, lecz wbrew oczekiwaniom nie zawsze proporcjonalnie do zwiększanych dawek. Zawartość magnezu była najwyższa przy dawkach 35+15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ oraz 75+15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$. Zastosowana dawka 50 $MgO \cdot ha^{-1}$ była w pełni wystarczająca dla uzyskania najkorzystniejszego, ekonomicznie uzasadnionego efektu.

Analiza wariancji nie wykazała wpływu terminu oceny na zawartość magnezu w bulwach, gdyż poziom jego zawartości po przechowywaniu utrzymywał się w tych samych granicach co po zbiorach.

4.3.1. Zawartość składników pogarszających wartość odżywczą.

4.3.1.1. Zawartość azotanów

Wyniki dotyczące zawartości azotanów w bulwach ziemniaków po zbiorach i po przechowywaniu zamieszczono w tabeli 16. Najwyższą zawartością azotanów po zbiorach - 257,5 mg·kg^{-1} św. masy, przekraczającą nieco dopuszczalną normę [250 mg·kg^{-1} św. masy] charakteryzowały się bulwy ziemniaków uprawianych w 1995 roku. W latach 1996 i 1997 - bardziej sprzyjających uprawie ziemniaka, o dostatecznej ilości opadów w lipcu i sierpniu, zawartość azotanów w bulwach była dużo niższa i wynosiła odpowiednio 192,5 mg/kg św. masy w roku 1996 oraz 151,5 mg/kg św. masy w roku 1997.

Zastosowane dawki nawożenia magnezem w sposób wyraźny obniżały zawartość azotanów w porównaniu do obiektu kontrolnego. Natomiast nie można ustosunkować się jednoznacznie co do wpływu wysokości dawki tego nawożenia na spadki zawartości azotanów. W roku 1995 maksymalny w stosunku do kontroli spadek - 22% uzyskano przy dawce nawozu 70 kg; w 1996 wynosił on 32% przy najwyższej dawce 85 kg, a w roku 1997 wystarczyła dawka 50 kg MgO·ha-1 [21%].

Przechowywanie we wszystkich latach i na wszystkich obiektach doświadczenia powodowało istotne obniżenie zawartości azotanów [średnio o 23,8%]. Inaczej niż po zbiorach przedstawiają się efekty wpływu dawki nawożenia magnezem na zawartość azotanów w bulwach po przechowywaniu. Okazuje się, że najniższe zawartości azotanów - tego niepożądanego składnika – miały bulwy nawożone dawką 50 kg MgO·ha^{-1}. Natomiast wyższe dawki, podnosiły istotnie tą zawartość zarówno w stosunku do kontroli jak i do obiektów nawożonych niższymi dawkami. Należy jednak zaznaczyć, że zawartość ta nie przekraczała dopuszczalnej normy

4.3.1.2. Zawartość glikoalkaloidów [TGA] - solaniny.

Z punktu widzenia wartości odżywczej ważnym naturalnym składnikiem ziemniaka są glikoalkaloidy - czakonina i solanina.

Zastosowane nawożenie magnezem wpływało istotnie na zwiększenie się zawartości solaniny na wszystkich obiektach w stosunku do kontroli zarówno po zbiorach jak i po przechowywaniu.

Stężenie TGA w bulwach ziemniaków różniło się w poszczególnych latach przeprowadzonego doświadczenia [tab.17]. Źródłem tej zmienności były najprawdopodobniej różne warunki meteorologiczne w poszczególnych okresach wegetacji. Rok 1995 był najbardziej sprzyjającym dla gromadzenia się solaniny w bulwach, gdyż w okresie wegetacji ziemniaka wystąpiła bardzo duża liczba dni słonecznych. W związku z tym bulwy pochodzące ze zbiorów 1995 roku miały o 100% większą zawartość solaniny w porównaniu z rokiem 1997 i o 33% większą w porównaniu do roku 1996.

Przechowywanie wpłynęło istotnie niekorzystnie na stężenie TGA w bulwach ziemniaka. Biorąc pod uwagę, iż bulwy po zbiorach nie zawierały zbyt dużej ilości solaniny [$\bar{x}$ dla obiektów - 5,9 mg/100g św. masy] to, udowodniony wzrost po przechowywaniu o 18% - a więc dość znaczny – nie powoduje zasadniczych, niekorzystnych zmian jakościowych. Zaznaczyć należy, że z ogólnie przyjętą normą dopiero zawartość solaniny powyżej 20 mg/100g św. masy, powoduje oprócz wyraźnych zmian smakowych [drapiący ostry smak], także toksyczne działanie na organizmy żywe.

4.3.1.3. Zawartość metali ciężkich.

W bulwach pochodzących z prowadzonego doświadczenia oznaczono również zawartość ołowiu i kadmu. Bulwy ziemniaków nie kumulowały obu tych szkodliwych pierwiastków w okresie ich wegetacji. Plantacja położona była w dość dużej odległości zarówno od dróg jak i aglomeracji miejskich.

Załączenie tej informacji wydaje się być istotne, gdyż świadczy to jednoznacznie, że ziemniak jest rośliną nie mającą tendencji do gromadzenia tych, tak szkodliwych z punktu wartości odżywczej pierwiastków.

Skrobia

14,3 - 15,5 %

Białko

1,81 - 2,30 %

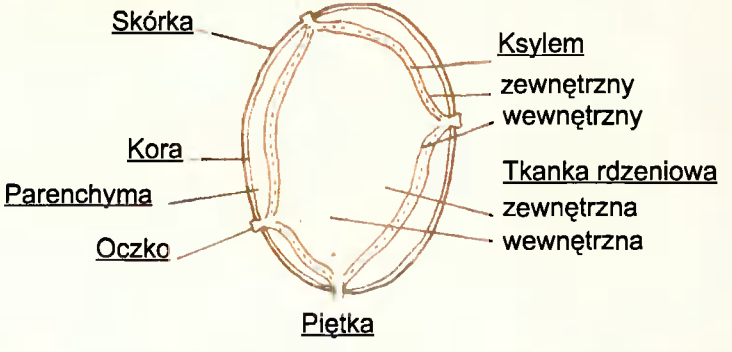
Włókno surowe

Tłuszcz

Cukry

0,45 - 0,50 %

PRZEKRÓJ



Kwasy organiczne

Kw. cytrynowy
158,7 - 293,3 mg%

Witaminy

Witamina C
19,8 - 22,3 mg%

Związki mineralne

Magnez
0,112 - 0,174 %

Związki fenolowe

Kw. chlorogenowy
171,1 - 155,6 ug/g

Alkaloidy

Solanina
5,2 - 6,6 mg/100 g

Rozmieszczenie i zawartość składników w bulwie ziemniaka (wg. Muller K. 1986 i badań własnych)

4.3. Wpływ nawożenia i przechowywania na wartość przetwórczą bulw ziemniaka

4.3.1. Zawartość cukrów

Ważną cechą dla ziemniaka konsumpcyjnego i przeznaczonego na produkty uszlachetnione [frytki i czipsy], jest zawartość sumy cukrów [cukry redukujące + sacharoza], oraz zawartość cukrów redukujących [glukoza i fruktoza]. Cukry redukujące powodują ciemnienie bulw w obróbce termicznej, natomiast podwyższenie zawartości sacharozy, przyczynia się do słodkiego smaku ziemniaka.

Najmniejszym wahaniom w latach ulegała zawartość w bulwach sacharozy [tab.20]. Najniższą zawartość cukrów ogółem i redukujących [tab.18 i tab. 19] w bulwach po zbiorze uzyskano w roku 1997 i wynosiła ona średnio dla wszystkich obiektów odpowiednio 0,43% i 0,27%. Nietypowe warunki meteorologiczne w roku 1995, spowodowały wzrost ich zawartości, w porównaniu do roku korzystnego [1997] o 18,9% dla cukrów ogółem i 22,9% cukrów redukujących.

Wszystkie czynniki doświadczenia modyfikowały układ omawianych wyników. Analiza wariancji wykazała, że w bulwach po zbiorach nawożenie magnezem powoduje istotne obniżenie zawartości cukrów ogółem w stosunku do kontroli na wszystkich obiektach a najkorzystniejsze okazały się dawki 15 i 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$. Natomiast na zawartość glukozy i fruktozy wpływ miały nieco odmienne jak na cukry ogółem dawki [15 i 85 kg $MgO \cdot ha^{-1}$]. Można by więc wyciągnąć wniosek, że stosowanie bardzo wysokich dawek dla obniżenia zawartości cukrów jest wręcz nieopłacalne.

Po długotrwałym okresie przechowywania, nastąpił generalnie wzrost zawartości cukrów ogółem a w nich szczególnie monosacharydów. Potwierdza to wyższy dodatni współczynnik korelacji uzyskanej pomiędzy cukrami ogółem a redukującymi r=0,96, niż pomiędzy cukrami ogółem a sacharozą r=0,30 [tab.30]. Najmniejszy przyrost cukrów ogółem i redukujących wystąpił u bulw z obiektów, gdzie stosowano maksymalne nawożenie magnezem i wynosił 25% w przypadku

cukrów ogółem i 37,5% dla monosacharydów w porównaniu do obiektu kontrolnego.

W przeciwieństwie do wpływu Mg na tą zawartość u bulw po zbiorach, niskie dawki nawozu nie dawały w okresie przechowywania satysfakcjonujących efektów. Wyciągnięcie więc wniosku, że wysokie dawki mogą być nieopłacalne ekonomicznie w tej sytuacji wydaje się być nieuzasadnione.

Uzyskane wyniki po zbiorach pozwalają na wstępne określenie przydatności bulw badanej odmiany MILA na poszczególne kierunki użytkowania. Z uwagi na zawartość cukrów ogółem, poniżej 1% w świeżej masie, odmiana ta nadaje się do konsumpcji. Z kolei zawartość cukrów prostych poniżej 0,55% w świeżej masie wskazuje na jej przydatność do przerobu na czipsy i frytki.

Długotrwały okres przechowywania, w środowisku w warunkach optymalnych, wprawdzie powoduje wzrost zawartości cukrów lecz ich poziom nie dyskwalifikuje tej odmiany do wyżej wymienionych kierunków użytkowania.

4.3.2. Kwas cytrynowy i chlorogenowy

4.3.2.1. Zawartość kwasu cytrynowego

Z punktu widzenia wartości przetwórczej bardzo ważnym związkiem jest w bulwie ziemniaka jest kwas cytrynowy, który przeciwdziała ciemnieniu miąższu. W tabeli 21 zamieszczono wyniki dotyczące zawartości kwasu cytrynowego. Najkorzystniejszym dla gromadzenia się kwasu cytrynowego w bulwach ziemniaka badanej odmiany 'MILA' okazał się rok 1997, gdzie średnia zawartość po zbiorach wynosiła 233 mg% w świeżej masie. Różnice w zawartości tego składnika w poszczególnych latach były nieznaczne i w stosunku do najkorzystniejszych efektów uzyskanych w roku 1997 niższe o 5% w roku 1995 i 3,8% w roku 1996. Można więc przypuszczać, że suma opadów, średnia temperatura oraz ich rozkład w okresie wegetacji nie miały większego wpływu na zawartość kwasu cytrynowego w bulwach ziemniaka.

Natomiast nawożenie magnezem w sposób istotny modyfikowało tą zawartość. Każda z zastosowanych dawek MgO powodowała wzrost kwasu

cytrynowego w bulwach ziemniaka po zbiorach w stosunku do bulw pochodzących z obiektu bez tego nawożenia.

Za bardzo ważny należy uznać fakt, że już dawka 15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ podnosiła zawartość kwasu w stosunku do kontroli o 33,6%, a dawka 70 kg powodowała zawsze najwyższy wzrost wynoszący średnio dla lat 84,8%. Dalsze podnoszenie dawki magnezu powyżej 70 kg obniżało zawartość tego składnika, lecz spadki te nie były poniżej wartości uzyskanej na obiekcie kontrolnym. Sposób zastosowania dawki nie miał większego wpływu na układ otrzymanych wyników. Natomiast istotne znaczenie miał sam fakt zastosowania tego nawożenia i jego pozytywne oddziaływanie.

Niezależnie od roku badań w wyniku przechowywania nastąpił wzrost zawartości kwasu cytrynowego wynoszący średnio 6%. Zawartość kwasu cytrynowego w bulwach ziemniaka z poszczególnych obiektów po przechowywaniu pod wpływem dawek MgO kształtowała się jak po zbiorach – czyli najwyższą koncentracją kwasu charakteryzowały bulwy nawożone dawką 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$.

4.3.2.2. Zawartość kwasu chlorogenowego

W toku badań nie stwierdzono dużych różnic pod względem średniej zawartości kwasu chlorogenowego w bulwach ziemniaka [tab.22] w poszczególnych latach. zarówno po zbiorach jak i po przechowywaniu. Jedynie w 1996 roku w stosunku do dwóch pozostałych lat badań, zawartość kwasu chlorogenowego była o 1,9% [pierwszy termin badań] i 1,4% [drugi termin badań] - niższa. Każda z zastosowanych dawek nawozu magnezowego obniżała w sposób istotny zawartość badanego składnika w bulwach ziemniaka po zbiorach. Podobne rezultaty uzyskano po przechowywaniu. Spośród zastosowanych dawek najkorzystniejsza okazała się dawka 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$, przy której osiągnięto najniższą koncentrację kwasu w bulwach. Podniesienie dawki do 85 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ mimo, że spowodowało istotny spadek kwasu chlorogenowego w stosunku do próby kontrolnej, nie przyniosło jednak tak korzystnych efektów jak przy niższej dawce.

Przechowywanie spowodowało wzrost zawartości kwasu chlorogenowego a najniższy jego przyrost w stosunku do zawartości po zbiorach wykazywały bulwy z obiektów nawożonych wyższymi dawkami.

Analiza zawartości kwasu chlorogenowego w badanych bulwach wskazuje, że podobnie jak przy kwasie cytrynowym dodatek magnezu w formie dolistnej nie modyfikował układu wyników.

4.3.3. Ocena przydatności technologicznej bulw

4.3.3.1. Jakość frytek i czipsów

W związku z coraz większym zainteresowaniem konsumenta wyrobami ziemniaczanymi, bulwy ziemniaka poddano również ocenie przydatności do przerobu na produkty uszlachetnione a dane dla jakości frytek przedstawiono w tabeli 23. Badana odmiana 'MILA' uzyskała dość niską ocenę, która w przyjętej pięciopunktowej skali wyniosła po zbiorach średnio dla wszystkich obiektów i lat badań 3,6 pkt. Tak niska ocena wynikała z wyjątkowo niesprzyjających dla jakości ziemniaka warunków w okresie wegetacji w roku 1995. Frytki najgorszej jakości otrzymywano corocznie z bulw ziemniaka pochodzących z poletek kontrolnych, natomiast nawożenie magnezem powodowało poprawę tej jakości. Najkorzystniejsze okazały się wyższe dawki tj. 70 i 85 kg $MgO \cdot ha^{-1}$, przy zastosowaniu których jakość frytek poprawiała się uzyskując ocenę dobrą w sprzyjających uprawie ziemniaka latach, natomiast dawki poniżej 50 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ były zbyt niskie, aby wyraźnie wpływać na tą ogólnie rozumianą jakość. Nie zaznaczył się również wpływ dolistnego dokarmiania rośliny na badaną wartość przetwórczą.

Czynnikiem który obniżał przydatność bulw ziemniaka do produkcji frytek było przechowywanie. Jakość frytek otrzymanych z bulw ziemniaka po długotrwałym okresie ich składowania obniżyła się o 0,3 pkt. Spadek ten nie dyskwalifikował jednak badanej odmiany do ich produkcji i podobnie jak po zbiorach najlepszej jakości frytki otrzymano z bulw pochodzących z obiektów o

najwyższym poziomie nawożenia. Jakość ta poprawiała się w sposób znaczny w stosunku do kontroli aż o 0,7 pkt.

W tym samym czasie, kiedy prowadzono badania nad przydatnością odmiany do produkcji frytek, oceniano równolegle jej przydatność do wyrobu czipsów. W tabeli 24 zamieszczono dane dotyczące stopnia jakości czipsów w skali pięciopunktowej. W skład oceny łącznej wchodzą takie parametry jak: barwa, smak, zapach i konsystencja. Czipsy wyprodukowane w skali laboratoryjnej po zbiorach otrzymały łączną ocenę jakości 3,8 pkt. i na tym poziomie można ją uznać za zadawalającą, choć odbiegającą od przyjętych standardów światowych. Na wynik ten wpływ miała przede wszystkim niska ocena ich barwy [tab.25], stanowiąca jedno z głównych kryteriów oceny. W skali dziewięciopunktowej wynosiła ona 5,7 pkt. po zbiorach i 4,9 pkt. po przechowywaniu. Podobnie jak przy ocenie frytek najniższą jakością charakteryzowały się czipsy otrzymane z bulw uprawianych w 1995 roku, oraz z obiektów kontrolnych we wszystkich latach badań, Najlepsze okazały się czipsy wyprodukowane z bulw pochodzących z obiektów, gdzie stosowano najwyższe dawki nawozu magnezowego. Mimo, że przechowywanie wyraźnie obniża ocenę jakości czipsów, nie można tego pogorszenia uznać za drastyczne. W stosunku do prób po zbiorach jakość ta spadła o 0,4 pkt.

Otrzymane wyniki dotyczące oceny jakości produktów uszlachetnionych, wskazują, że w wyniku obróbki termicznej badanej odmiany uzyskano z niej lepszej jakości czipsy aniżeli frytki.

4.3.3.2. Ciemnienie bulw surowych i ugotowanych

Bardzo ważną cechą ziemniaka zarówno jadalnego jak i przemysłowego jest jego tendencja do ciemnienia miąższu – ujawniająca się bezpośrednio po obraniu [bulwy surowe] jak i po ugotowaniu. Dokonano oceny ciemnienia miąższu bulw surowych po 10 minutach [tab.26] i po jednej godzinie [tab.27], oraz bulw ugotowanych po 10 minutach [tab.28] i po 24 godzinach [tab.29].

Analizując wyniki dotyczące ciemnienia miąższu bulw surowych stwierdza się, że ciemnienie to malało pod wpływem zastosowanego nawożenia magnezem

i było najmniej intensywne lub wręcz nie występowało przy dawce 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$. Dalsze podnoszenie dawki do 85 kg $MgO \cdot ha^{-1}$, choć obniżało stopień ciemnienia w stosunku do bulw pochodzących z obiektu kontrolnego nie dawało takich efektów jakie osiągnięto przy dawce 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$. Należy zwrócić uwagę, że nawożenie magnezem mineralnym zastosowane doglebowo dawało wyższy pozytywny jak dolistne efekt.

W wyniku przechowywania zaobserwowano wzrost ciemnienia miąższu, co jest zresztą tendencją ogólnie znaną o 0,2 pkt. Powyższe stwierdzenie dotyczy zarówno bulw ocenianych po 10 minutach jak i po 1 godzinie. Nawożenie magnezem mineralnym a przede wszystkim jego dawki oddziaływało na tą cechę analogicznie jak po zbiorach.

Analizując wyniki ciemnienia miąższu bulw po ich ugotowaniu zaobserwowano, że wpływ nawożenia magnezem był analogiczny jak na ciemnienie miąższu bulw surowych. Najkorzystniejsza okazała się dawka 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$, przy której bulwy ziemniaka wykazywały najmniejsze tendencje do ciemnienia.

TABELE

Tabela 3

Plon bulw [dt ha^{-1}]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Straty dt·ha^{-1}
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	160,9	148,9	12,0
	15	160,9	148,4	12,5
	35	164,2	154,5	9,7
	35+15	165,8	157,4	8,4
	70	177,3	169,5	7,8
	70+15	178,5	170,3	8,2
	$\bar{x}$	167,9	158,2	9,7
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,58 Nawożenie - 3,37	T x N - n.i. N x T - n.i.	
1996	0	256,7	244,9	11,8
	15	264,5	252,4	6,0
	35	269,5	259,6	9,9
	35+15	273,4	261,4	12,0
	70	271,8	262,3	9,5
	70+15	277,3	266,8	10,5
	$\bar{x}$	268,9	257,9	11,0
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,54 Nawożenie - 6,76	T x N - n.i. N x T - n.i.	
1997	0	363,8	339,2	24,6
	15	388,0	365,1	22,9
	35	358,8	341,6	17,2
	35+15	371,1	351,4	19,7
	70	359,4	342,6	16,8
	70+15	407,7	388,1	19,6
	$\bar{x}$	374,8	354,7	20,1
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,64 Nawożenie - 21,88	T x N - n.i. N x T - n.i.	
$\bar{x}$ z lat	0	260,5	244,3	16,2
	15	271,1	255,3	15,8
	35	264,2	251,9	12,3
	35+15	270,1	256,7	13,4
	70	269,5	258,1	11,4
	70+15	287,8	275,1	12,7
	$\bar{x}$	270,5	256,9	13,6
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,30 Nawożenie - 7,19	T x N - n.i. N x T - n.i.	

Tabela 4

Bilans strat masy bulw w trakcie przechowywania

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	Masa bulw w g po zbiorach	Masa bulw w g po przechowywaniu	Straty św. masy	
				w g	w %
1995	0	5000	4625	375	7,5
	15	5000	4620	380	7,6
	35	5000	4705	295	5,9
	35+15	5000	4745	255	5,1
	70	5000	4780	220	4,4
	70+15	5000	4770	230	4,6
	$\bar{x}$	5000	4708	292	5,9
1996	0	5000	4770	230	4,6
	15	5000	4770	230	4,6
	35	5000	4815	185	3,7
	35+15	5000	4780	220	4,4
	70	5000	4825	175	3,5
	70+15	5000	4810	190	3,8
	$\bar{x}$	5000	4795	205	4,1
1997	0	5000	4660	340	6,8
	15	5000	4705	295	5,9
	35	5000	4758	242	4,8
	35+15	5000	4736	264	5,3
	70	5000	4764	236	4,7
	70+15	5000	4758	242	4,8
	$\bar{x}$	5000	4730	270	5,4
$\bar{x}$ z lat	0	5000	4685	315	6,3
	15	5000	4698	302	6,0
	35	5000	4759	239	4,8
	35+15	5000	4754	246	4,9
	70	5000	4790	210	4,2
	70+15	5000	4779	221	4,4
	$\bar{x}$	5000	4744	256	5,1

Tabela 5

Zawartość suchej masy [%]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	20,4	20,1	0,3
	15	21,3	20,6	0,7
	35	21,8	21,0	0,8
	35+15	22,1	21,2	0,9
	70	21,3	20,7	0,6
	70+15	21,4	20,8	0,6
	$\bar{x}$	21,4	20,7	0,7
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,40 Nawożenie - 0,57	T x N – n.i. N x T – n.i.	
1996	0	21,4	21,0	0,4
	15	22,4	21,7	0,7
	35	22,7	22,1	0,6
	35+15	22,5	21,7	0,8
	70	22,0	21,4	0,6
	70+15	22,4	21,5	0,9
	$\bar{x}$	22,2	21,6	0,7
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,31 Nawożenie - 0,62	T x N - n.i. N x T - n.i.	
1997	0	21,2	20,8	0,4
	15	23,0	21,9	1,1
	35	23,1	21,8	1,3
	35+15	23,1	22,0	1,1
	70	22,6	21,1	1,5
	70+15	22,4	20,9	1,5
	$\bar{x}$	22,6	21,4	1,2
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,30 Nawożenie - 1,09	T x N - n.i. N x T - n.i.	
$\bar{x}$ z lat	0	21,0	20,6	0,4
	15	22,2	21,4	0,8
	35	22,6	21,6	1,0
	35+15	22,6	21,6	1,0
	70	22,0	21,1	0,9
	70+15	22,1	21,1	1,0
	$\bar{x}$	22,1	21,2	0,9
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,17 Nawożenie - 0,36	T x N – n.i. N x T – n.i.	

Tabela 6

Bilans strat suchej masy w trakcie przechowywania

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	Ilość s. masy w g/próbę po zbiorach	Ilość s. masy w g/próbę po przechowywaniu	Straty	
				w g	w %
1995	0	1020	930	90	8,8
	15	1065	952	113	10,6
	35	1090	988	102	9,4
	35+15	1105	1006	99	9,0
	70	1065	990	75	7,0
	70+15	1070	992	78	7,3
	$\bar{x}$	1069	976	93	8,7
1996	0	1070	1002	68	6,4
	15	1120	1035	80	7,1
	35	1135	1064	71	6,3
	35+15	1125	1037	88	7,8
	70	1100	1032	68	6,2
	70+15	1120	1034	86	7,7
	$\bar{x}$	1112	1034	77	6,9
1997	0	1060	969	91	8,6
	15	1150	1030	120	10,4
	35	1155	1037	118	10,2
	35+15	1155	1042	113	9,8
	70	1130	1005	125	11,1
	70+15	1120	994	126	11,3
	$\bar{x}$	1128	1013	116	10,2
$\bar{x}$ z lat	0	1050	967	83	7,9
	15	1112	1006	104	9,4
	35	1127	1030	97	8,6
	35+15	1128	1028	100	8,9
	70	1098	1009	89	8,1
	70+15	1103	1007	97	8,8
	$\bar{x}$	1103	1008	95	8,6

Tabela 7

Skrobia [% św. m.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	13,5	12,9	0,6
	15	14,0	13,5	0,5
	35	14,7	13,7	1,0
	35+15	14,8	13,6	1,2
	70	14,5	13,8	0,7
	70+15	14,8	13,7	1,1
	$\bar{x}$	14,4	13,5	0,9
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,21 Nawożenie - 0,41		T x N - n.i. N x T - n.i.
1996	0	15,2	15,1	0,1
	15	15,6	15,3	0,3
	35	16,1	15,7	0,4
	35+15	16,0	15,0	1,0
	70	15,6	14,8	0,8
	70+15	15,9	15,0	0,9
	$\bar{x}$	15,7	15,1	0,6
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,38 Nawożenie - 0,48		T x N - n.i. N x T - n.i.
1997	0	14,3	14,3	0,0
	15	14,9	14,8	0,1
	35	15,6	14,7	0,9
	35+15	15,6	15,3	0,3
	70	14,9	14,6	0,3
	70+15	15,1	15,0	0,1
	$\bar{x}$	15,2	14,8	0,4
	NIR p=0,05	Termin oceny - n.i Nawożenie - 0,68		T x N - n.i. N x T - n.i.
$\bar{x}$ z lat	0	14,3	14,2	0,1
	15	14,9	14,5	0,4
	35	15,5	14,7	0,8
	35+15	15,5	14,7	0,8
	70	15,0	14,4	0,6
	70+15	15,3	14,5	0,8
	$\bar{x}$	15,1	14,5	0,6
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,18 Nawożenie - 0,22		T x N - 0,32 N x T - 0,27

Tabela 8

Bilans strat skrobi w trakcie przechowywania

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	Ilość skrobi w g/próbę po zbiorach	Ilość skrobi w g/próbę po przechowywaniu	Straty skrobi	
				w g	w %
1995	0	675	597	78	11,6
	15	700	624	76	10,9
	35	735	645	90	12,3
	35+15	740	645	95	12,8
	70	725	660	65	9,0
	70+15	735	654	81	11,1
	$\bar{x}$	718	638	81	11,3
1996	0	760	720	40	5,2
	15	780	730	50	6,4
	35	805	751	54	6,7
	35+15	800	722	78	9,8
	70	780	714	66	8,4
	70+15	790	717	73	9,3
	$\bar{x}$	786	726	60	7,6
1997	0	715	662	53	7,5
	15	745	692	53	7,2
	35	780	699	81	10,3
	35+15	780	725	55	7,1
	70	745	690	49	6,6
	70+15	760	714	46	6,1
	$\bar{x}$	754	697	56	7,5
$\bar{x}$ z lat	0	717	660	57	8,1
	15	742	682	60	8,2
	35	773	698	75	9,8
	35+15	773	697	76	9,9
	70	750	690	60	8,0
	70+15	762	695	67	8,8
	$\bar{x}$	753	687	66	8,8

Tabela 9

Plon skrobi [dt ha^{-1}]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Straty dt·ha^{-1}
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	21,7	19,2	2,5
	15	22,5	20,0	2,5
	35	24,2	21,2	3,0
	35+15	24,5	21,4	3,1
	70	25,7	23,3	2,4
	70+15	26,4	23,5	2,9
	$\bar{x}$	24,2	21,4	2,8
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,66 Nawożenie - 0,77	T x N - n.i. N x T - n.i.	
1996	0	39,0	36,9	2,1
	15	41,1	38,7	2,4
	35	43,4	40,5	2,9
	35+15	43,7	39,5	4,2
	70	42,4	38,8	3,6
	70+15	44,3	40,2	4,1
	$\bar{x}$	42,4	39,1	3,3
	NIR p=0,05	Termin oceny - 1,16 Nawożenie - 1,44	T x N - n.i. N x T - n.i.	
1997	0	52,0	48,1	1,9
	15	57,9	53,7	4,2
	35	56,0	50,2	5,8
	35+15	57,9	53,8	4,1
	70	53,5	50,0	3,5
	70+15	61,9	58,1	3,8
	$\bar{x}$	56,5	52,3	4,2
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,43 Nawożenie - 3,60	T x N - n.i. N x T - n.i.	
$\bar{x}$ z lat	0	37,5	34,7	3,2
	15	40,6	37,5	3,1
	35	41,2	37,3	3,9
	35+15	42,0	38,2	3,8
	70	40,5	37,4	3,1
	70+15	44,2	40,6	3,6
	$\bar{x}$	41,0	37,6	3,4
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,41 Nawożenie - 1,18	T x N - n.i. N x T - n.i.	

Tabela 10

Zawartość witaminy C [mg% św. m.]

Rok	Nawożenie MgO $kg \cdot ha^{-1}$	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	20,0	14,1	5,9
	15	19,0	13,1	5,9
	35	20,4	14,1	6,3
	35+15	20,8	15,0	5,8
	70	21,3	15,2	6,1
	70+15	21,1	15,3	5,8
	$\bar{x}$	20,5	14,5	6,0
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,59 Nawożenie - 1,36		T x N - 1,22 N x T - 1,92
1996	0	20,1	14,7	5,4
	15	21,4	15,0	6,4
	35	21,0	15,0	6,0
	35+15	22,1	15,2	6,9
	70	21,9	14,2	7,7
	70+15	22,0	14,2	7,8
	$\bar{x}$	21,4	14,7	6,7
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,27 Nawożenie - 0,59		T x N - 0,83 N x T - 0,53
1997	0	19,4	12,2	7,2
	15	22,4	12,4	10,0
	35	20,9	12,6	8,3
	35+15	22,7	13,0	9,7
	70	22,0	13,5	8,5
	70+15	23,8	13,6	10,2
	$\bar{x}$	21,9	12,9	9,0
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,65 Nawożenie - 1,04		T x N - 1,47 N x T - 0,99
$\bar{x}$ z lat	0	19,8	13,7	6,1
	15	20,9	13,5	7,4
	35	20,8	13,9	6,9
	35+15	21,9	14,4	7,5
	70	21,7	14,3	7,4
	70+15	22,3	14,4	7,9
	$\bar{x}$	21,2	14,0	7,2
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,27 Nawożenie - 0,34		T x N - 0,48 N x T - 0,42

Tabela 11

Azot [% s. m.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	1,42	1,54	0,12
	15	1,52	1,59	0,07
	35	1,60	1,69	0,09
	35+15	1,69	1,75	0,06
	70	1,59	1,65	0,06
	70+15	1,59	1,67	0,08
	$\bar{x}$	1,57	1,65	0,08
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,066 Nawożenie - 0,057		T x N – n.i. N x T - n.i.
1996	0	1,48	1,52	0,04
	15	1,54	1,58	0,04
	35	1,59	1,61	0,02
	35+15	1,64	1,66	0,02
	70	1,50	1,49	0,01
	70+15	1,49	1,51	0,02
	$\bar{x}$	1,54	1,56	0,02
	NIR p=0,05	Termin oceny - n.i. Nawożenie - 0,052		T x N - n.i. N x T - n.i.
1997	0	1,26	1,31	0,05
	15	1,35	1,42	0,07
	35	1,46	1,55	0,09
	35+15	1,56	1,66	1,00
	70	1,34	1,45	0,11
	70+15	1,35	1,47	0,12
	$\bar{x}$	1,39	1,49	0,09
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,008 Nawożenie - 0,056		T x N – n.i. N x T - n.i.
$\bar{x}$ z lat	0	1,38	1,46	0,08
	15	1,47	1,53	0,06
	35	1,55	1,62	0,07
	35+15	1,63	1,69	0,06
	70	1,48	1,53	0,05
	70+15	1,48	1,55	0,07
	$\bar{x}$	1,50	1,56	0,06
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,021 Nawożenie - 0,016		T x N – n.i. N x T – n.i.

Tabela 12

Białko ogólne [% św. m.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	1,80	1,93	0,13
	15	2,03	2,04	0,01
	35	2,18	2,21	0,03
	35+15	2,34	2,31	0,03
	70	2,12	2,14	0,02
	70+15	2,12	2,16	0,04
	$\bar{x}$	2,10	2,13	0,03
	NIR p=0,05	Termin oceny – n.i. Nawożenie - 0,080		T x N - n.i. N x T - n.i.
1996	0	1,98	1,98	0,00
	15	2,16	2,14	0,02
	35	2,24	2,23	0,01
	35+15	2,30	2,26	0,04
	70	2,03	1,99	0,04
	70+15	2,08	2,02	0,06
	$\bar{x}$	2,13	2,10	0,03
	NIR p=0,05	Termin oceny - n.i. Nawożenie - 0,106		T x N - n.i. N x T - n.i.
1997	0	1,66	1,67	0,01
	15	1,94	1,93	0,01
	35	2,11	2,12	0,01
	35+15	2,26	2,30	0,04
	70	1,91	1,90	0,01
	70+15	1,89	1,90	0,01
	$\bar{x}$	1,96	1,97	0,01
	NIR p=0,05	Termin oceny – n.i. Nawożenie - 0,119		T x N - n.i. N x T - n.i.
$\bar{x}$ z lat	0	1,81	1,82	0,01
	15	2,04	2,03	0,01
	35	2,18	2,19	0,01
	35+15	2,30	2,29	0,01
	70	2,02	2,01	0,01
	70+15	2,03	2,02	0,01
	$\bar{x}$	2,06	2,07	0,01
	NIR p=0,05	Termin oceny – n.i. Nawożenie - 0,039		T x N - n.i. N x T - n.i.

Tabela 13

Białko właściwe [% św. m.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	0,85	0,89	0,04
	15	0,99	1,04	0,05
	35	1,01	1,05	0,04
	35+15	1,11	1,14	0,03
	70	1,00	1,04	0,04
	70+15	0,99	1,00	0,01
	$\bar{x}$	0,99	1,03	0,04
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,025 Nawożenie - 0,073		T x N – n.i. N x T – n.i.
1996	0	0,73	0,77	0,04
	15	0,89	0,92	0,03
	35	0,93	0,97	0,04
	35+15	1,14	1,16	0,02
	70	1,06	1,09	0,03
	70+15	0,99	1,01	0,02
	$\bar{x}$	0,96	0,99	0,03
	NIR p=0,05	Termin oceny – 0,024 Nawożenie - 0,104		T x N – n.i. N x T – n.i.
1997	0	0,79	0,80	0,01
	15	0,91	0,93	0,02
	35	1,01	1,04	0,03
	35+15	1,17	1,19	0,02
	70	1,05	1,03	0,02
	70+15	1,03	1,00	0,03
	$\bar{x}$	0,99	1,00	0,01
	NIR p=0,05	Termin oceny – n.i. Nawożenie - 0,055		T x N - n.i. N x T - n.i.
$\bar{x}$ z lat	0	0,79	0,82	0,03
	15	0,93	0,96	0,03
	35	0,98	1,02	0,04
	35+15	1,14	1,16	0,02
	70	1,04	1,05	0,01
	70+15	1,00	1,00	0,00
	$\bar{x}$	0,98	1,01	0,03
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,012 Nawożenie - 0,016		T x N – n.i. N x T – n.i.

Tabela 14

Procentowy udział białka właściwego w białku ogólnym

Rok	Nawożenie MgO $Kg \cdot ha^{-1}$	Termin oceny	
		Po zbiorach	Po przechowywaniu
1995	0	47,2	46,1
	15	48,8	51,0
	35	46,3	47,5
	35+15	47,4	49,4
	70	47,2	48,6
	70+15	46,7	46,3
	$\bar{x}$	47,3	48,2
	NIR p=0,05	Termin oceny - n.i. Nawożenie - 3,51	T x N - n.i. N x T – n.i.
1996	0	36,9	38,9
	15	41,2	43,0
	35	41,5	43,5
	35+15	49,6	51,5
	70	52,2	54,8
	70+15	47,6	50,0
	$\bar{x}$	44,8	47,0
	NIR p=0,05	Termin oceny - n.i. Nawożenie - 4,98	T x N - n.i. N x T – n.i.
1997	0	38,9	47,6
	15	43,0	46,9
	35	43,5	47,9
	35+15	51,5	51,8
	70	54,8	55,0
	70+15	50,0	54,5
	$\bar{x}$	47,0	50,6
	NIR p=0,05	Termin oceny - n.i. Nawożenie - 3,17	T x N - n.i. N x T – n.i.
$\bar{x}$ z lat	0	41,0	44,2
	15	44,3	47,0
	35	43,8	46,3
	35+15	49,5	50,9
	70	51,4	52,8
	70+15	48,1	50,3
		46,4	48,6
	NIR p=0,05	Termin oceny - n.i. Nawożenie - 1,04	T x N - n.i. N x T – n.i.

Tabela 15

Magnez [% s. m.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	0,102	0,102	0,0
	15	0,124	0,124	0,0
	35	0,126	0,126	0,0
	35+15	0,133	0,133	0,0
	70	0,130	0,130	0,0
	70+15	0,138	0,138	0,0
	$\bar{x}$	0,125	0,125	0,0
	NIR p=0,05	Termin oceny - n.i. Nawożenie - 0,005	T x N - n.i. N x T - n.i.	
1996	0	0,120	0,120	0,0
	15	0,140	0,141	0,001
	35	0,146	0,145	0,001
	35+15	0,181	0,181	0,0
	70	0,172	0,171	0,001
	70+15	0,190	0,192	0,002
	$\bar{x}$	0,158	0,158	0,0
	NIR p=0,05	Termin oceny - n.i. Nawożenie - 0,008	T x N - n.i. N x T - n.i.	
1997	0	0,114	0,115	0,001
	15	0,141	0,140	0,001
	35	0,154	0,156	0,002
	35+15	0,185	0,183	0,002
	70	0,175	0,176	0,001
	70+15	0,194	0,193	0,001
	$\bar{x}$	0,158	0,158	0,0
	NIR p=0,05	Termin oceny - n.i. Nawożenie - 0,007	T x N - n.i. N x T - n.i.	
$\bar{x}$ z lat	0	0,112	0,112	0,0
	15	0,135	0,135	0,0
	35	0,142	0,142	0,0
	35+15	0,166	0,166	0,0
	70	0,159	0,159	0,0
	70+15	0,174	0,174	0,0
	$\bar{x}$	0,148	0,148	0,0
	NIR p=0,05	Termin oceny - n.i. Nawożenie - 0,019	T x N – n.i. N x T – n.i.	

Tabela 16

Azotany [mg/kg św. m.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	283,2	218,1	65,1
	15	284,2	230,6	53,6
	35	276,5	216,1	60,4
	35+15	259,5	185,6	73,9
	70	219,4	205,2	14,2
	70+15	222,3	206,6	15,7
	$\bar{x}$	257,5	210,4	47,1
	NIR p=0,05	Termin oceny - 9,64 Nawożenie - 12,56		T x N – 17,76 N x T - 12,54
1996	0	233,9	136,6	97,3
	15	211,6	125,5	86,1
	35	189,7	124,7	65,0
	35+15	185,1	121,8	63,3
	70	175,9	123,3	52,6
	70+15	158,7	117,4	41,3
	$\bar{x}$	192,5	124,9	67,6
	NIR p=0,05	Termin oceny - 6,73 Nawożenie - 13,44		T x N – 19,00 N x T - 12,30
1997	0	139,0	108,6	30,4
	15	128,1	102,6	25,5
	35	116,3	98,4	17,9
	35+15	109,8	93,4	16,4
	70	215,2	175,0	40,2
	70+15	200,3	159,5	40,8
	$\bar{x}$	151,5	122,9	28,6
	NIR p=0,05	Termin oceny - 3,20 Nawożenie - 6,89		T x N - 9,75 N x T - 6,26
$\bar{x}$ z lat	0	218,7	154,4	64,3
	15	208,0	152,9	55,1
	35	194,2	146,4	47,8
	35+15	184,8	133,6	51,2
	70	203,5	164,8	38,7
	70+15	193,8	161,2	32,6
	$\bar{x}$	200,5	152,7	47,8
	NIR p=0,05	Termin oceny - 3,56 Nawożenie - 2,27		T x N - 3,20 N x T - 3,82

Tabela 17

Zawartość solaniny [mg/100g św. m.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	7,3	8,2	0,9
	15	7,5	8,8	1,3
	35	8,2	9,2	1,0
	35+15	8,4	9,6	1,2
	70	8,7	9,8	1,1
	70+15	8,8	10,1	1,3
	$\bar{x}$	8,2	9,3	1,1
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,19 Nawożenie - 0,20	T x N - 0,28 N x T - 0,22	
1996	0	5,4	6,8	1,2
	15	5,3	6,7	1,4
	35	5,5	6,1	0,6
	35+15	5,6	5,9	0,3
	70	5,7	6,4	0,7
	70+15	5,9	6,0	0,1
	$\bar{x}$	5,5	6,3	0,8
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,17 Nawożenie - 0,32	T x N - 0,46 N x T - 0,30	
1997	0	2,8	5,2	2,4
	15	4,9	5,6	0,7
	35	3,2	6,7	3,5
	35+15	3,7	6,3	2,6
	70	4,7	7,8	3,1
	70+15	5,0	5,5	0,5
	$\bar{x}$	4,1	6,2	2,1
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,31 Nawożenie - 0,60	T x N - 0,85 N x T - 0,55	
$\bar{x}$ z lat	0	5,2	6,7	1,5
	15	5,9	7,0	1,1
	35	5,6	7,3	1,7
	35+15	5,9	7,2	1,3
	70	6,4	8,0	1,6
	70+15	6,6	7,2	0,6
	$\bar{x}$	5,9	7,2	1,3
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,12 Nawożenie - 0,20	T x N - 0,28 N x T - 0,22	

Tabela 18

Cukry ogółem [% św. m.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	0,51	0,69	0,18
	15	0,48	0,77	0,29
	35	0,53	0,68	0,15
	35+15	0,59	0,67	0,08
	70	0,50	0,59	0,09
	70+15	0,57	0,65	0,08
	$\bar{x}$	0,53	0,67	0,14
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,020 Nawożenie - 0,051		T x N – 0,072 N x T - 0,045
1996	0	0,51	0,74	0,23
	15	0,43	0,63	0,20
	35	0,45	0,70	0,25
	35+15	0,45	0,69	0,24
	70	0,48	0,73	0,25
	70+15	0,45	0,69	0,24
	$\bar{x}$	0,46	0,70	0,24
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,031 Nawożenie - 0,052		T x N – n.i. N x T - n.i.
1997	0	0,49	0,70	0,21
	15	0,43	0,68	0,25
	35	0,48	0,70	0,22
	35+15	0,42	0,70	0,28
	70	0,37	0,66	0,29
	70+15	0,42	0,57	0,15
	$\bar{x}$	0,43	0,67	0,24
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,022 Nawożenie - 0,044		T x N – 0,062 N x T - 0,040
$\bar{x}$ z lat	0	0,50	0,71	0,21
	15	0,45	0,70	0,25
	35	0,49	0,69	0,20
	35+15	0,48	0,69	0,21
	70	0,45	0,66	0,21
	70+15	0,48	0,64	0,16
	$\bar{x}$	0,47	0,68	0,21
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,012 Nawożenie - 0,016		T x N – 0,022 N x T - 0,019

Tabela 19

Cukry redukujące [% św. m.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	0,33	0,55	0,22
	15	0,34	0,56	0,22
	35	0,36	0,52	0,16
	35+15	0,36	0,55	0,19
	70	0,35	0,43	0,08
	70+15	0,34	0,54	0,20
	$\bar{x}$	0,35	0,53	0,18
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,021 Nawożenie - 0,036		T x N - 0,051 N x T - 0,034
1996	0	0,32	0,53	0,21
	15	0,26	0,45	0,19
	35	0,29	0,52	0,23
	35+15	0,29	0,49	0,20
	70	0,31	0,53	0,22
	70+15	0,28	0,51	0,23
	$\bar{x}$	0,29	0,51	0,22
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,042 Nawożenie - 0,047		T x N - n.i. N x T - n.i.
1997	0	0,30	0,53	0,23
	15	0,24	0,46	0,22
	35	0,27	0,50	0,23
	35+15	0,29	0,48	0,19
	70	0,26	0,48	0,22
	70+15	0,27	0,39	0,12
	$\bar{x}$	0,27	0,47	0,20
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,024 Nawożenie - 0,043		T x N - 0,061 N x T - 0,040
$\bar{x}$ z lat	0	0,32	0,54	0,22
	15	0,28	0,49	0,21
	35	0,31	0,52	0,21
	35+15	0,31	0,51	0,20
	70	0,31	0,48	0,17
	70+15	0,30	0,48	0,18
	$\bar{x}$	0,30	0,50	0,20
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,017 Nawożenie - 0,016		T x N - 0,022 N x T - 0,022

Tabela 20

Sacharoza [% św. m.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	0,18	0,14	0,04
	15	0,14	0,21	0,07
	35	0,17	0,16	0,01
	35+15	0,23	0,12	0,11
	70	0,15	0,16	0,01
	70+15	0,24	0,11	0,13
	$\bar{x}$	0,19	0,15	0,04
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,018 Nawożenie - n.i.		T x N - 0,076 N x T - 0,048
1996	0	0,19	0,21	0,02
	15	0,16	0,18	0,02
	35	0,16	0,18	0,02
	35+15	0,16	0,20	0,04
	70	0,16	0,20	0,04
	70+15	0,18	0,18	0,00
	$\bar{x}$	0,17	0,19	0,02
	NIR p=0,05	Termin oceny - n.i. Nawożenie - n.i.		T x N - n.i. N x T - n.i.
1997	0	0,19	0,18	0,01
	15	0,20	0,22	0,02
	35	0,21	0,20	0,01
	35+15	0,13	0,22	0,09
	70	0,11	0,18	0,09
	70+15	0,15	0,18	0,03
	$\bar{x}$	0,16	0,20	0,04
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,013 Nawożenie - 0,050		T x N - 0,071 N x T - 0,044
$\bar{x}$ z lat	0	0,19	0,17	0,02
	15	0,17	0,20	0,03
	35	0,18	0,18	0,00
	35+15	0,17	0,18	0,01
	70	0,14	0,18	0,04
	70+15	0,19	0,16	0,03
	$\bar{x}$	0,17	0,18	0,01
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,008 Nawożenie - 0,016		T x N - 0,022 N x T - 0,018

Tabela 21

Zawartość kwasu cytrynowego [mg% św. m.]

Rok	Nawożenie MgO $kg \cdot ha^{-1}$	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	157,0	161,0	4,0
	15	205,0	217,0	12,0
	35	212,0	224,0	12,0
	35+15	248,0	261,0	13,0
	70	289,0	297,0	8,0
	70+15	221,0	237,0	16,0
	$\bar{x}$	222,0	232,8	10,8
	NIR p=0,05	Termin oceny - 6,44 Nawożenie - 6,34		T x N - n.i. N x T - n.i.
1996	0	160,0	168,0	8,0
	15	210,0	218,0	8,0
	35	222,0	232,0	10,0
	35+15	236,0	258,0	22,0
	70	299,0	316,0	17,0
	70+15	220,0	231,0	11,0
	$\bar{x}$	224,5	237,2	12,7
	NIR p=0,05	Termin oceny - 5,77 Nawożenie - 5,71		T x N - 8,08 N x T - 6,38
1997	0	159,0	166,0	7,0
	15	221,0	233,0	12,0
	35	227,0	260,0	33,0
	35+15	251,0	260,0	9,0
	70	292,0	322,0	30,0
	70+15	248,0	260,0	12,0
	$\bar{x}$	233,0	250,0	17,0
	NIR p=0,05	Termin oceny - 3,46 Nawożenie - 3,98		T x N - 5,63 N x T - 4,15
$\bar{x}$ z lat	0	158,7	165,0	6,3
	15	212,0	222,7	10,7
	35	220,3	238,7	18,4
	35+15	245,0	259,6	14,6
	70	293,3	311,7	19,4
	70+15	229,7	242,7	13,0
	$\bar{x}$	226,5	240,1	13,6
	NIR p=0,05	Termin oceny - 2,62 Nawożenie - 14,52		T x N - n.i. N x T - n.i.

Tabela 22

Zawartość kwasu chlorogenowego [μg/g s. m.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	157,4	167,0	9,6
	15	156,7	157,2	0,5
	35	138,1	146,5	8,4
	35+15	133,2	144,3	11,1
	70	114,7	119,3	4,6
	70+15	129,8	136,0	6,2
	$\bar{x}$	138,3	145,0	6,7
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,74 Nawożenie - 5,63	T x N - n.i. N x T - n.i.	
1996	0	151,0	160,0	9,0
	15	147,8	153,9	6,1
	35	131,7	139,7	8,0
	35+15	127,4	131,6	4,2
	70	117,8	123,0	5,2
	70+15	138,7	149,7	11,0
	$\bar{x}$	135,7	142,9	7,2
	NIR p=0,05	Termin oceny - 1,50 Nawożenie - 2,31	T x N - 3,26 N x T - 2,22	
1997	0	158,3	170,1	11,8
	15	148,7	161,9	13,2
	35	147,3	150,2	2,9
	35+15	126,7	128,1	1,4
	70	118,8	120,9	2,1
	70+15	130,3	138,5	8,0
	$\bar{x}$	138,3	144,9	6,6
	NIR p=0,05	Termin oceny - 1,38 Nawożenie - 4,86	T x N - 6,87 N x T - 4,26	
$\bar{x}$ z lat	0	155,6	165,7	10,1
	15	151,0	157,7	6,7
	35	139,0	145,4	6,4
	35+15	129,1	134,7	5,6
	70	117,1	121,0	3,9
	70+15	132,9	141,1	8,2
	$\bar{x}$	137,5	144,3	6,8
	NIR p=0,05	Termin oceny - 0,48 Nawożenie - 10,33	T x N - n.i. N x T - n.i.	

Tabela 23

Jakość frytek [pkt.]

Rok	Nawożenie MgO $kg \cdot ha^{-1}$	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	3,0	2,6	0,4
	15	3,2	2,8	0,4
	35	3,3	3,0	0,3
	35+15	3,3	3,0	0,3
	70	3,4	3,2	0,2
	70+15	3,6	3,5	0,1
	$\bar{x}$	3,3	3,0	0,3
1996	0	3,4	3,2	0,2
	15	3,5	3,3	0,2
	35	3,7	3,4	0,3
	35+15	3,7	3,4	0,3
	70	3,9	3,6	0,3
	70+15	4,0	3,7	0,3
	$\bar{x}$	3,7	3,4	0,3
1997	0	3,5	3,3	0,2
	15	3,6	3,3	0,3
	35	3,8	3,4	0,4
	35+15	3,8	3,6	0,2
	70	3,9	3,7	0,2
	70+15	4,1	3,9	0,2
	$\bar{x}$	3,8	3,5	0,3
$\bar{x}$ z lat	0	3,3	3,0	0,3
	15	3,4	3,1	0,3
	35	3,4	3,3	0,1
	35+15	3,6	3,3	0,3
	70	3,7	3,5	0,2
	70+15	3,9	3,7	0,2
	$\bar{x}$	3,6	3,3	0,3

skala 1 - 5 (5 - bardzo dobry)

Tabela 24

Jakość czipsów [% pkt.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	3,3	3,0	0,3
	15	3,4	3,1	0,3
	35	3,4	3,0	0,4
	35+15	3,6	3,2	0,4
	70	3,8	3,4	0,4
	70+15	3,8	3,6	0,2
	$\bar{x}$	3,6	3,2	0,4
1996	0	3,5	3,3	0,2
	15	3,7	3,4	0,3
	35	3,8	3,3	0,5
	35+15	3,9	3,4	0,5
	70	3,9	3,8	0,1
	70+15	4,1	3,9	0,2
	$\bar{x}$	3,8	3,5	0,3
1997	0	3,6	3,3	0,3
	15	3,7	3,8	0,1
	35	3,9	3,5	0,4
	35+15	4,0	3,8	0,2
	70	4,2	3,2	1,0
	70+15	4,3	3,5	0,8
	$\bar{x}$	4,0	3,5	0,5
$\bar{x}$	0	3,5	3,2	0,3
	15	3,6	3,4	0,2
	35	3,7	3,3	0,3
	35+15	3,8	3,4	0,4
	70	4,0	3,5	0,5
	70+15	4,1	3,7	0,4
	$\bar{x}$	3,8	3,4	0,4

skala 1 - 5 (5 - bardzo dobre)

Tabela 25

Barwa czipsów [pkt.]

Rok	Nawożenie MgO $kg \cdot ha^{-1}$	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	5,4	4,5	0,9
	15	5,8	5,1	0,7
	35	5,5	5,3	0,2
	35+15	6,0	4,6	1,4
	70	5,0	4,5	0,5
	70+15	5,0	4,8	0,2
	$\bar{x}$	5,4	4,8	0,6
1996	0	5,5	4,5	1,0
	15	5,3	4,5	0,8
	35	5,3	4,5	0,8
	35+15	5,8	4,4	1,4
	70	6,0	4,8	1,2
	70+15	6,0	5,5	0,5
	$\bar{x}$	5,6	4,7	0,9
1997	0	5,7	5,3	0,3
	15	6,3	5,8	0,5
	35	5,8	5,0	0,8
	35+15	6,0	5,3	0,7
	70	6,3	5,0	0,7
	70+15	6,0	5,3	0,7
	$\bar{x}$	6,0	5,3	0,7
$\bar{x}$ z lat	0	5,5	4,8	0,7
	15	5,8	5,1	0,7
	35	5,5	4,9	0,6
	35+15	5,9	4,8	1,1
	70	5,8	4,8	1,0
	70+15	5,7	5,2	0,5
	$\bar{x}$	5,7	4,9	0,8

Tabela 26

Ciemnienie bulw surowych po 10 minutach [pkt.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	7,7	7,4	0,3
	15	8,0	7,8	0,2
	35	8,2	7,8	0,4
	35+15	7,9	7,7	0,2
	70	8,5	8,2	0,3
	70+15	8,3	8,0	0,3
	$\bar{x}$	8,1	7,8	0,3
1996	0	8,0	8,0	0,0
	15	8,4	8,3	0,1
	35	8,8	8,7	0,1
	35+15	8,5	8,2	0,3
	70	9,0	8,8	0,2
	70+15	8,7	8,5	0,2
	$\bar{x}$	8,6	8,4	0,2
1997	0	8,0	7,8	0,2
	15	8,4	8,2	0,2
	35	8,8	8,6	0,2
	35+15	8,5	8,3	0,2
	70	9,0	8,8	0,2
	70+15	8,8	8,5	0,3
	$\bar{x}$	8,6	8,4	0,2
$\bar{x}$ z lat	0	7,9	7,7	0,2
	15	8,3	8,1	0,2
	35	8,6	8,4	0,2
	35+15	8,3	8,1	0,2
	70	8,8	8,6	0,2
	70+15	8,6	8,3	0,3
	$\bar{x}$	8,4	8,2	0,2

skala 1 - 9 (9 - nie ciemniejące; 1 - czarne)

Tabela 27

Ciemnienie bulw surowych po 1 godzinie [pkt.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	7,3	7,3	0,0
	15	7,7	7,5	0,2
	35	8,0	7,8	0,2
	35+15	7,6	7,4	0,2
	70	8,5	8,2	0,3
	70+15	8,0	7,7	0,3
	$\bar{x}$	7,9	7,7	0,2
1996	0	8,0	7,7	0,3
	15	8,4	8,0	0,4
	35	8,7	8,5	0,2
	35+15	8,3	8,0	0,3
	70	9,0	8,8	0,2
	70+15	8,5	8,4	0,3
	$\bar{x}$	8,5	8,2	0,3
1997	0	8,0	7,8	0,2
	15	8,4	8,1	0,3
	35	8,5	8,4	0,1
	35+15	8,5	8,2	0,3
	70	8,9	8,7	0,2
	70+15	8,7	8,5	0,2
	$\bar{x}$	8,5	8,3	0,2
$\bar{x}$ z lat	0	7,8	7,6	0,2
	15	8,2	7,9	0,3
	35	8,4	8,2	0,2
	35+15	8,1	7,9	0,2
	70	8,8	8,6	0,2
	70+15	8,4	8,2	0,2
	$\bar{x}$	8,3	8,1	0,2

skala 1 - 9 (9 - nie ciemniejące; 1 - czarne)

Tabela 28

Ciemnienie bulw ugotowanych po 10 minutach [pkt.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	7,6	7,3	0,3
	15	8,2	7,8	0,4
	35	8,3	8,0	0,3
	35+15	8,2	8,0	0,2
	70	8,7	8,7	0,0
	70+15	8,5	8,2	0,3
	$\bar{x}$	8,3	8,0	0,3
1996	0	8,0	7,8	0,2
	15	8,3	8,0	0,3
	35	8,7	8,5	0,2
	35+15	8,3	8,0	0,3
	70	8,7	8,6	0,1
	70+15	8,7	8,5	0,2
	$\bar{x}$	8,5	8,2	0,3
1997	0	8,3	8,2	0,1
	15	8,5	8,4	0,1
	35	8,5	8,3	0,2
	35+15	8,5	8,3	0,2
	70	9,0	8,8	0,2
	70+15	8,7	8,5	0,2
	$\bar{x}$	8,6	8,4	0,2
$\bar{x}$ z lat	0	8,0	7,8	0,2
	15	8,3	8,1	0,2
	35	8,5	8,3	0,2
	35+15	8,3	8,1	0,2
	70	8,8	8,7	0,1
	70+15	8,6	8,4	0,2
	$\bar{x}$	8,4	8,2	0,2

skala 1 - 9 (9 - nie ciemniejące; 1 - czarne)

Tabela 29

Ciemnienie bulw ugotowanych po 24 godzinach [pkt.]

Rok	Nawożenie MgO kg·ha^{-1}	TERMIN OCENY		Różnica
		Po zbiorach	Po przechowywaniu	
1995	0	7,5	7,3	0,2
	15	8,0	7,6	0,4
	35	8,3	7,8	0,5
	35+15	8,0	7,7	0,3
	70	8,6	8,4	0,2
	70+15	8,5	8,0	0,5
	$\bar{x}$	8,2	7,8	0,4
1996	0	7,9	7,6	0,3
	15	8,2	7,8	0,4
	35	8,4	8,3	0,1
	35+15	8,2	8,0	0,2
	70	8,7	8,5	0,2
	70+15	8,5	8,3	0,2
	$\bar{x}$	8,3	8,1	0,2
1997	0	8,2	8,0	0,2
	15	8,3	8,2	0,1
	35	8,5	8,0	0,5
	35+15	8,5	8,1	0,4
	70	8,9	8,6	0,3
	70+15	8,6	8,3	0,3
	$\bar{x}$	8,5	8,2	0,3
$\bar{x}$ z lat	0	7,9	7,6	0,3
	15	8,2	7,9	0,3
	35	8,4	8,0	0,4
	35+15	8,2	7,9	0,3
	70	8,7	8,5	0,2
	70+15	8,5	8,2	0,3
	$\bar{x}$	8,3	8,0	0,3

skala 1 - 9 (9 - nie ciemniejące; 1 - czarne)

Tabela 30

Istotne współczynniki korelacji między badanymi cechami

	Cecha	2	3	4	7	8	12	13	15	16	17	18	19	20	21	22
1	plon	0.50	0.54	0.99												
2	sucha masa		0.71	0.57						0,49	0,54	0,69	0,61	0,57	0,47	0,52
3	skrobia			0.63						0,73	0,35	0,64	0,74	0,70	0,54	0,56
4	plon skrobi						-0,36									
5	witamina C									0,50	0,64	0,62	0,35	0,32	0,35	0,47
6	azot				0,91	0,62										
7	białko ogólne															
8	białko właściwe															
9	magnez						-0,54	0,67				0,39	0,49	0,45	0,43	0,37
10	azotany															
11	solanina									-0,54	-0,53	-0,53	-0,47	-0,51	-0,38	-0,37
12	kw. chlorogen.									-0,48		-0,48	-0,64	-0,63	-0,69	-0,72
13	kw. cytrynowy							-0,82					0,62	0,62	0,67	0,63
14	cukry ogółem								0,96	-0,56	-0,70	-0,63	-0,41	-0,42	-0,45	-0,53
15	cukry proste									-0,58	-0,73	-0,65	-0,43	-0,43	-0,45	-0,53
16	jakość frytek										0,44	0,77	0,77	0,76	0,74	0,77
17	barwa czipsów											0,63	0,33	0,35	0,41	0,46
18	jakość czipsów												0,71	0,69	0,70	0,75
19	ciemienie bulw surowych 10'													0,96	0,86	0,87
20	ciemienie bulw surowych 1h														0,87	0,89
21	ciemienie bulw ugotowa. 10'															0,97
22	ciemienie bulw ugotowa. 24h															

5. DYSKUSJA

Powierzchnia uprawy ziemniaka w Polsce z każdym rokiem obniża się, a zbiory w ostatnich latach mimo, że niższe wynoszące od 20 mln ton do 27 mln ton nadal nie są w pełni racjonalnie zagospodarowane. Charakterystyczną cechą produkcji ziemniaka w Polsce jest to, że prawie wszystkie gospodarstwa zajmują się ich uprawą. Na 2,2 mln gospodarstw uprawiających ziemniaka, aż 1,8 mln to gospodarstwa małe o powierzchni nie przekraczające 1 ha^{-1}. Tak silne rozdrobnienie powoduje, że postęp w technologii produkcji i wysokość plonowania jest bardzo powolny. Również w technologii przechowalnictwa odczuwa się duże braki, gdyż 50 - 60% zbiorów jest przechowywana w kopcach ziemnych, a tylko 2% zbiorów w nowoczesnych przechowalniach wyposażonych w aktywną wentylację [Nowacki W. 1999]. W takiej sytuacji trudno jest mówić o wysokiej jakości tego surowca, na którą w ostatnich latach szczególną uwagę zwraca konsument. Wiadomym jest, że na podstawowy skład chemiczny ziemniaka, jak i na przebieg jego przechowywania znaczny wpływ wywiera nawożenie mineralne. Stosunkowo dobrze rozpoznany jest wpływ nawożenia azotem i potasem na ogólnie rozumianą jakość. Natomiast wpływu nawożenia magnezem mineralnym - który jest aktywatorem wielu procesów enzymatycznych – na ogół nie uwzględnia się w dostatecznym stopniu. Dlatego w pracy tej podjęto się badań nad skutkami i zakresem wpływu intensywnego nawożenia magnezem na wartość odżywczą, użytkową i przechowalniczą ziemniaka jadalnego wybierając bardzo popularną na rynku odmianę 'MILA'.

Jak wynika z badań własnych, każda z zastosowanych dawek magnezu powodowała istotny wzrost wielkości plonu. Jego najwyższy przyrost osiągano zawsze przy maksymalnej dawce 85 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ i wynosił średnio z trzech lat badań 27,3 $dt \cdot ha^{-1}$. Ponieważ już przy dawce 15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ uzyskiwano duży jego wzrost [$\bar{x}$ z 3 lat 10,6 $dt \cdot ha^{-1}$], trudno zgodzić się z opinią nieopłacalności stosowania tego nawożenia w uprawie ziemniaka. Pozytywnego wpływu nawożenia magnezem na wzrost wielkości plonu bulw pod wpływem różnych jego dawek można również doszukać się we wszystkich dostępnych nam pracach literaturowych dotyczących tego zagadnienia [Tabin S. 1974; Trzecki S. 1976;

Evans D., Mondy N.J. 1984; Mazur T., Frieske J. 1984; Malińska H. 1984; Reust W., Ryster P. 1987; Mica B., Vocal B. 1993; Rogozińska I. 1990, 1991, 1993; Rogozińska I., Wojdyła T. 1991, 1993, 1996; Jabłoński K. 1998; Rogozińska I. i in. 1999]. Przyrost plonu pod wpływem nawożenia magnezem uzyskany przez wyżej wymienionych autorów nie był zawsze tak efektywny jaki uzyskano w badaniach własnych. Niewątpliwie różnice te, wynikają głównie ze składu gleb na których ziemniak był uprawiany, stosowanej dawki magnezu, warunków meteorologicznych w okresie wegetacji i agrotechniki uprawy, mając tu głównie na uwadze stosowanie bądź nie obornika. I tak Mazur T., Krefft L. 1991 stosując obornik w ilości 250 dt·ha^{-1} oraz magnez w ilości 42 kg MgO·ha^{-1}, uzyskali istotną zwyżkę plonu bulw o 12dt·ha^{-1}. Natomiast Rogozińska I., Wojdyła T. 1993 dając tą samą ilość obornika i 40 kg MgO·ha^{-1} uzyskali wzrost plonu średnio o 9,2 dt·ha^{-1}, wykazując przy tym bardzo wysoką korelację pomiędzy nawożeniem, a wielkością plonu [r=0,92]. Zaznaczyć należy, że doświadczenia prowadzone były w odmiennych warunkach meteorologicznych na glebach o innym składzie, jak i dotyczyły innych odmian.

Badania własne wykazały, że można osiągnąć znaczną zwyżkę plonu, nie stosując nawożenia organicznego, a jedynie mineralne w tym magnez. Przyrost masy bulw przy zastosowaniu 85 kg MgO · ha^{-1} był wyższy, niż na obiekcie kontrolnym o 27,3 dt·ha^{-1}. Potwierdzają to rezultaty osiągnięte przez Mazura T., Frieske J. 1984, którzy prowadząc badania z nawożeniem magnezem w ilości 42 kg MgO·ha^{-1} w serii na oborniku i bez, stwierdzili, iż działanie tego nawozu na tle obornika było o 10 - 16% słabsze, niż w uprawie ziemniaka bez obornika, a uzyskana zwyżka plonu pod wpływem magnezu na oborniku wynosiła 9%, natomiast bez obornika aż 25%. Można więc przypuszczać, że zastosowany obornik wprowadzając magnez do gleby, osłabia działanie stosowanego nawozu magnezowego na co zwrócił już uwagę Birecki M. 1967. W swoich badaniach autor ten stosując nawożenie magnezem, uzyskiwał tym większe przyrosty plonu, im mniejsza była zawartość tego pierwiastka w glebie. Podobne rezultaty otrzymała Malińska H. 1984, która stosując magnez na glebach, gdzie był jego niedobór uzyskiwała wzrosty plonu nawet o 100%. Na fakt pozytywnego wpływu dolistnego dokarmiania ziemniaka magnezem na przyrost plonu bulw zwróciło uwagę wielu badaczy [Trzecki S. 1976; Malińska H. 1984; Rogozińska I. 1991;

Jabłoński K. 1998]. Rogozińska I. 1991 stosując dwie dawki nawożenia magnezem doglebowo 30 i 60 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ uzyskała wzrost plonu ogólnego o 30%, natomiast w drugiej serii dodając do obu dawek 15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ dolistnie w okresie kwitnienia uzyskała jeszcze 10% przyrost masy bulw. Natomiast Malińska H. 1984 stosując magnez dolistnie w doświadczeniu założonym na glebie o bardzo niskiej zasobności w magnez, uzyskała zwyżkę plonu o 41%. Przeprowadzone badania własne potwierdzają te rezultaty, bowiem najwyższe przyrosty plonów wykazywały obiekty, na których magnez podawano roślinie częściowo dolistnie.

Uzyskanie w badaniach własnych średniego plonu z trzech lat badań na poziomie tylko 270,5 $dt \cdot ha^{-1}$ było wynikiem bardzo niskich plonów - poniżej średniej krajowej - w roku 1995. W roku tym ujawnił się następczy wpływ pogody na wielkość plonu. Należy jednak podkreślić, że w latach sprzyjających uprawie ziemniaka pod wpływem nawożenia magnezem uzyskiwano nawet 100% zwyżkę plonu w stosunku do średniego produkcyjnego poziomu krajowego [plon w Polsce wg. Rocznika Statystycznego 1998 -200 dt z ha^{-1}], pozostającego w zasadzie od wielu lat bez zmian.

Głównym zadaniem jakie, stawia się przed racjonalnym przechowywaniem, jest ograniczenie do minimum ubytków naturalnych, przy jednoczesnym utrzymaniu wysokiej jakości ziemniaka. Z drugiej strony, z przyczyn oczywistych należy dążyć do zwiększania plonów, a to bez stosowania wysokich dawek nawożenia mineralnego, jest sprawą nierealną. Dlatego postanowiono sprawdzić, czy zwiększenie wydajności ziemniaka z ha pod wpływem nawożenia magnezem nie zostanie zniweczone poprzez wzrost ubytków w trakcie przechowywania oraz poprzez zmiany zawartości tych składników, których właściwy poziom jest niezbędny dla utrzymania wysokiej ich jakości. Bezspornym jest fakt, że w trakcie przechowywania w wyniku oddychania i transpiracji następują zawsze ubytki świeżej masy [Frydecka-Mazurczyk A. 1979; Rogozińska I. 1987; Sowa G. 1988; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk a. 1996]. Straty ilościowe następują również w wyniku kiełkowania oraz działania szkodników i mikroflory chorobotwórczej [Rogozińska I. 1989]. Nie bez znaczenia pozostają również na te ubytki czynniki ograniczające transpirację i oddychanie, a więc temperatura i długość okresu przechowywania [Putz B., Berthaller W. 1983; Rogozińska I. 1987; Kubicki K.

1988; Sowa G. 1988]. Ubytki ilościowe wyliczone z rzeczywistych strat [bilans], wynikające z długotrwałego przechowywania bulw, wystąpiły w każdym obiekcie badań. Nawożenie magnezem jednocześnie ograniczało straty świeżej masy bulw, gdyż najniższe wystąpiły przy dawce 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$, i wynosiły one 4,2% co spowodowało w konsekwencji obniżenie plonu o 11,4 $dt \cdot ha^{-1}$. W badaniach własnych po okresie przechowywania nie zanotowano ubytków spowodowanych gniciem bulw lub porażeniem patogenami. Stanowi to potwierdzenie tezy podanej przez Magnickiego K. 1970; Wieczera A., Gonczarika M. 1977 i Jabłońskiego K. 1997, iż nawożenie magnezem poprawia zdrowotność bulw i uodparnia je na choroby. Wielkość strat suchej masy i skrobi jest względnie równoległa do strat świeżej masy. Należy uznać to za pewną prawidłowość, gdyż plon bulw jest skorelowany z zawartością suchej masy [r=0,50], a najważniejszym składnikiem suchej masy jest skrobia [r=0,71], tak więc, każda strata świeżej masy będzie pociągać za sobą straty suchej masy, w tym również skrobi. Porównanie tych strat wykazuje jednak, że ubytki suchej masy i skrobi były większe od strat świeżej masy niezależnie od stosowanej dawki nawożenia magnezem, co sprzeczne jest z wynikami uzyskanymi przez Roussela N. i Jardina A. 1975. Autorzy ci stwierdzają, że przechowywanie ziemniaka w przechowalni powoduje mniejsze straty suchej masy od strat świeżej masy. Zaznaczyć jednak należy, że autorzy przechowywali próby bulw przez krótszy okres [4 miesiące] i to przy zastosowaniu wymiany gazów w otaczającym środowisku.

W badaniach własnych wykazano, że nawożenie magnezem istotnie wpływa na zwiększenie zawartości suchej masy i skrobi, choć nie bez wpływu na tą zawartość pozostawały warunki pogodowe w okresie wegetacji, jak i indywidualna reakcja badanej odmiany. W latach o dużej ilości opadów bulwy ziemniaka zawierają mniej suchej masy [Roztropowicz S. 1989] oraz skrobi [Roztropowicz S., Wierzejewska A. 1986]. Badania własne nie potwierdzają jednoznacznie tej zależności, gdyż lata, w których prowadzono doświadczenia, miały wysoką sumę opadów w całym okresie wegetacji, jednak najważniejszy wpływ na zawartość tych składników miał ich rozkład. Wraz ze zwiększającymi się dawkami magnezu następowało podwyższenie zawartości suchej masy i skrobi, przy czym najwyższe przyrosty osiągnięto w obu przypadkach przy dawce 35 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ i wynosiły one odpowiednio 7,1% dla suchej masy i 7,7% dla skrobi.

Podobne rezultaty uzyskali inni badacze [Müller K. 1986, 1988; Mica B., Vokal B. 1993 oraz Rogozińska I. 1991,1993; Rogozińska I. i in. 1999] w badaniach, których wzrastające dawki magnezu wpływały również pozytywnie na zawartość suchej masy i skrobi. Jednakże, ci sami autorzy [Rogozińska I., Wojdyła T. 1991] prowadząc badania w odmiennych warunkach na tej samej odmianie uzyskali nieco inne rezultaty. Stwierdzili oni bowiem, że na zawartość suchej masy i skrobi dawki 20 i 40 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ nie mają istotnego wpływu, chociaż występowały nieznaczne tendencje do ich wzrostu. Odmiennego zdania jest Tabin S. 1974, według którego nawożenie magnezem nie powoduje istotnych zmian w zawartości suchej masy i skrobi a Mazur T., Krefft L. 1991 udowodnili wręcz niekorzystne jego działanie w tym zakresie. Z badań własnych wynika również, że dzielenie całkowitej dawki na dolistną i doglebową, miało wpływ na zawartość tych składników, bowiem najwyższe zawartości suchej masy i skrobi otrzymywano właśnie na obiektach, gdzie dawkę dzielono. Uzyskanie takiego rezultatu jest sprzeczne z doniesieniem Rogozińskiej I. i in. 1999, którzy udowodnili, że sposób aplikacji magnezu roślinie nie różnicował istotnie wyników w zawartości obu tych składników.

Uzyskane wyniki dotyczące wzrostu plonu skrobi są zgodne z wynikami innych autorów [Addiscott T.M. 1974; Hughes J.C. 1974; Rogozińska I. 1991, 1993].

W wyniku przechowywania bulw przez okres 6 miesięcy w warunkach optymalnych [6°C, wilgotność względna powietrza 95%], nastąpił spadek zawartości suchej masy i skrobi. Tendencje te wystąpiły niezależnie od roku badań, przy jednocześnie zróżnicowanym ich poziomie w latach. Straty te wynosiły średnio z lat badań odpowiednio 4,1% dla suchej masy i 4,0% dla skrobi. Wyliczone procentowe straty suchej substancji i skrobi uwzględniające faktyczne straty świeżej masy wykazują [bilans], że nawożenie magnezem wyższymi dawkami MgO ogranicza te straty, które są dodatkowo rekompensowane poprzez wzrost ich zawartości pod wpływem tego nawożenia w bulwach po zbiorach.

Najbardziej aktywnym czynnikiem powodującym rozkład skrobi jest zbyt niska temperatura przechowywania bulw [Mazza G. 1983; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1981, 1982; Rogozińska I. 1985]. Najdokładniej zbadany jest ciąg przemian węglowodanów od skrobi do cukrów prostych, a następnie rozkładu

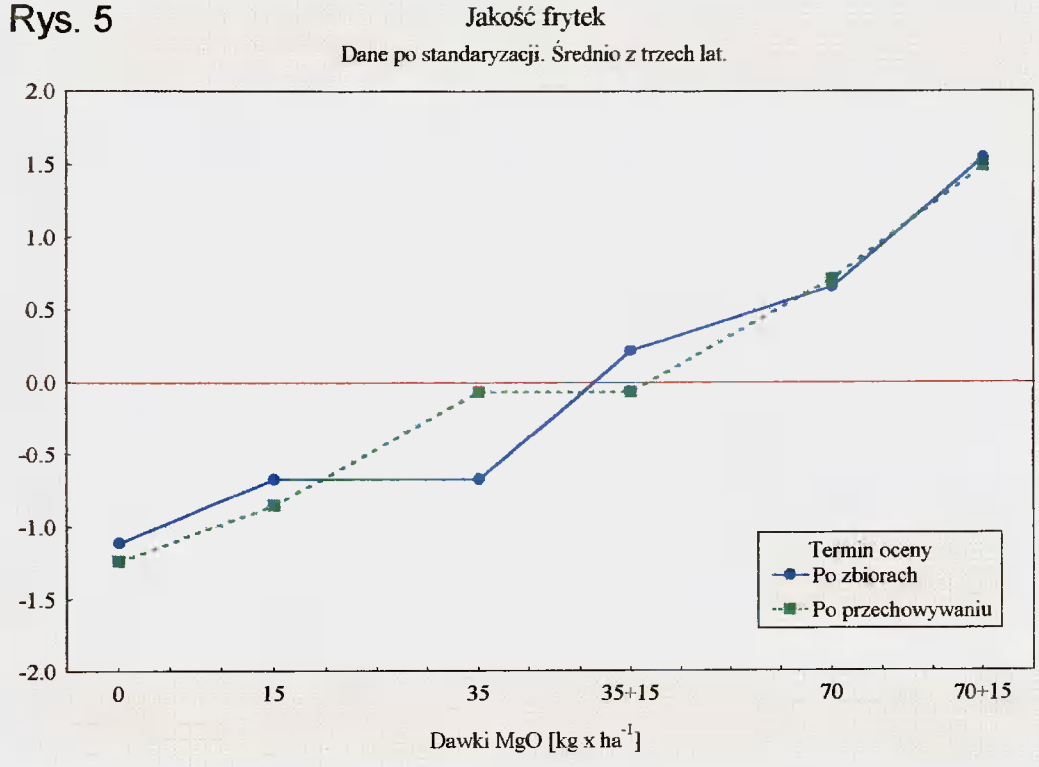
cukrów do CO_2 + energii i wody. Tego rodzaju zjawisko scukrzania skrobi jest znane od lat i nie wymaga szerszego opisu [Müller K. 1975; Rogozińska I. 1985]. Innymi czynnikami powodującymi rozpad skrobi do cukrów są zranienia tkanki bulwy oraz utrata wody przez te tkanki [Zgórska K. 1989]. Niezależnie jednak od przyczyn faktem jest, że w trakcie przechowywania następują zawsze straty skrobi w wyniku jej rozkładu do cukrów.

W konsekwencji tego procesu w badaniach własnych po przechowywaniu nastąpił wzrost zawartości cukrów ogółem średnio o 30,9% i cukrów redukujących o 40,0%. Uzyskanie takiego rezultatu jest potwierdzeniem wyników otrzymanych przez Gislasona J. i in.1984 oraz Rogozińską I., Wojdyłę T. 1991, gdyż badacze ci prowadząc doświadczenie przechowalnicze z tą samą odmianą i przechowując próby przez taki sam okres w identycznych jak w badaniach własnych warunkach uzyskali 30% wzrost ilości cukrów redukujących. Ponad to badania własne wykazały także, że na zawartość cukrów miało wpływ nie tylko przechowywanie ale także nawożenie magnezem, choć istotne obniżenie ich zawartości otrzymano tylko przy najwyższych dawkach. Na pozór jest to sprzeczne z wynikami Rogozińskiej I. i in. 1999, którzy pod wpływem wzrastających dawek Mg otrzymali wzrost zawartości cukrów redukujących oraz z wcześniejszymi wynikami tej samej autorki Rogozińska I. 1991 jak i Micy B., Vocala B. 1993. Uzyskane wyniki przez wyżej wymienionych autorów dotyczyły niższych jak w badaniach własnych dawek MgO, stąd być może nie oddziaływały one tak pozytywnie. Jest to potwierdzeniem, a nie sprzecznością, gdyż tylko stosowanie bardzo wysokich dawek nawożenia magnezem może wywołać otrzymanie pożądanego efektu czyli, spadku zawartości cukrów.

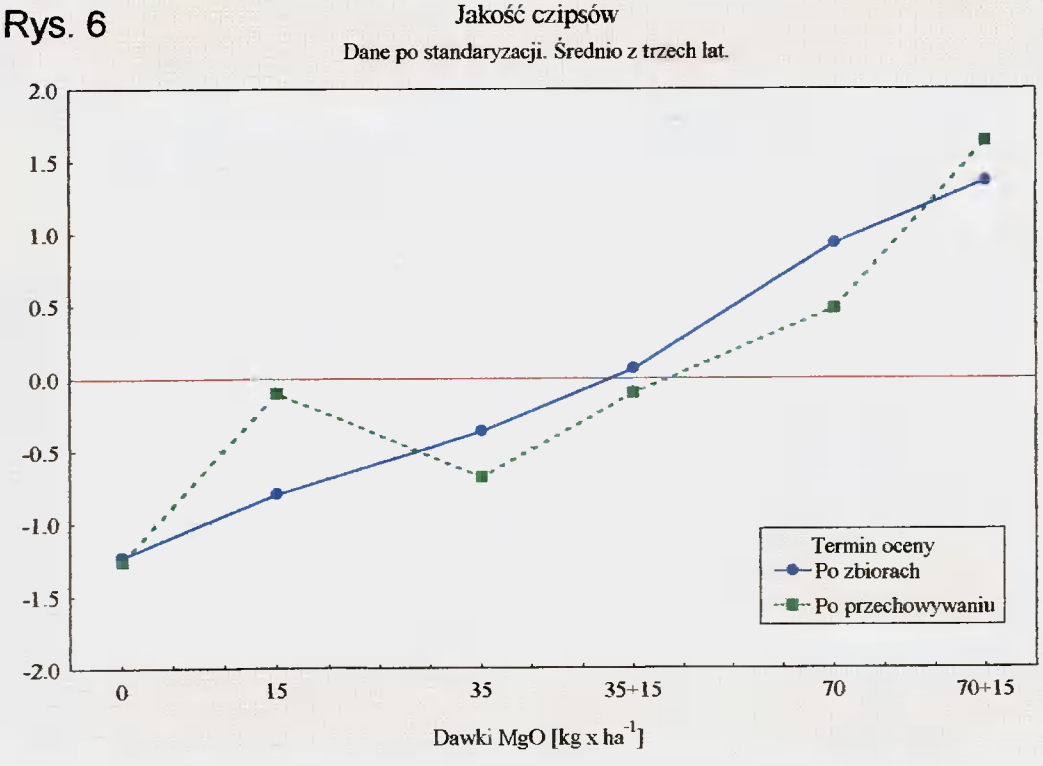
W ostatnich latach obserwuje się w Polsce zwiększenie popularności konsumowania wyrobów uszlachetnionych, otrzymanych na drodze obróbki technologicznej bulw ziemniaka. Tendencje te niezależnie od walorów konsumpcyjnych mają również swoje uzasadnienie w sferze ekonomicznej, bowiem przetwarzanie i obróbka bulw ziemniaka natychmiast po zbiorze powoduje mniejsze straty ilościowe i jakościowe w produktach uszlachetnionych, niż bulwach świeżych. Na uwagę zasługują nie tylko walory smakowe takiego produktu, lecz również walory odżywcze. W czipsach znajduje się od 35-40% tłuszczu, co daje w 100g produktu około 500 kcal, a oprócz wartości

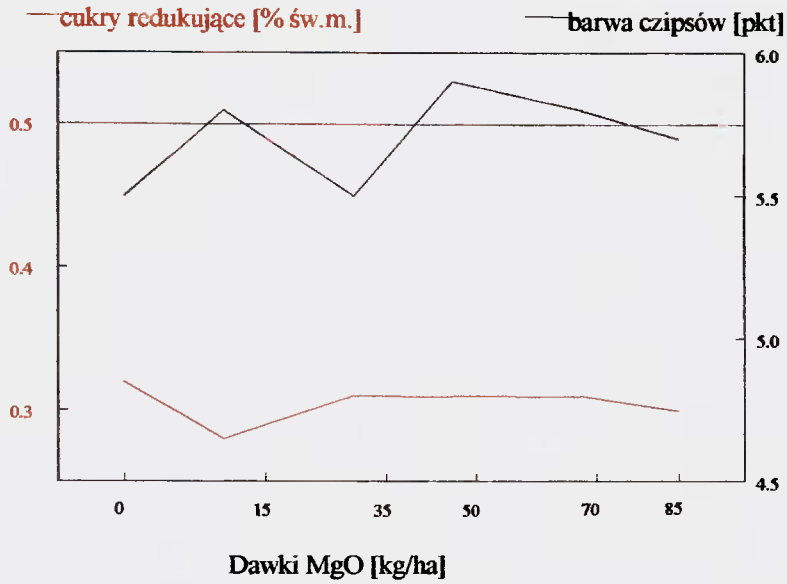
energetycznej znajdują się też w nich związki odżywcze takie, jak niacyna, witamina E oraz magnez [Lisińska G., Rutkowski A. 1999]. W przyjętych i ogólnie stosowanych warunkach przetwórstwa związki mineralne ulegają tylko nieznacznym przemianom. Na uwagę zasługuje również fakt, że tak istotne i ważne w żywieniu białko przy szybkim wykonaniu procesów technologicznych nie ulega tak dużym, jak w trakcie przechowywania, spadkom. Nawożenie magnezem w badaniach własnych powodowało podniesienie jakości czipsów [rys.6] prawie, że proporcjonalnie do zwiększających się dawek, wpływając również pozytywnie na ich barwę. Nie wykazano natomiast, aby dzielenie dawki na doglebową i dolistną miało jakiś szczególny wpływ na jakość czipsów wyprodukowanych w skali laboratoryjnej z bulw bezpośrednio po zbiorze. Podobne rezultaty uzyskali Rogozińska I. i in. 1999 stosując niższe dawki magnezu. Udowodnili oni również, że sposób zaopatrzenia rośliny w magnez nie modyfikował jakości ocenianych produktów uszlachetnionych [czipsów i frytek]. Barwa czipsów jest ściśle skorelowana z zawartością cukrów redukujących [Roussel N., Jardin A. 1975; Zgórska K., Frydecka – Mazurczyk A. 1982, 1990; Rogozińska I. 1987]. Ponieważ wysokie dawki magnezu powodowały obniżenie ich zawartości w bulwach czipsy otrzymane z bulw intensywniej nawożonych, charakteryzowały się w badaniach własnych wyraźną poprawą barwy [mniejsze tendencje do brązowienia] [rys.7]. Nowe badania obalają dawniejsze przekonanie, jakoby barwa czipsów była wynikiem karmelizacji cukrów podczas smażenia, podając, że jest to rezultat "reakcji barwnych" Maillarda. W tworzeniu się barwy czipsów biorą udział - obok cukrów - takie związki jak aminokwasy, kwasy organiczne, przy obecności innych związków organicznych ziemniaka [Lisińska G. 1981, 1994]. Ponieważ zakres badań własnych nie obejmował ustalenia wpływu na reakcję barwną takich związków jak aminokwasy, nie można wykluczyć, że mogą one odgrywać przypisywaną im rolę. Jednocześnie Lisińska G. 1994 stwierdza, że aminokwasy mogą reagować z kwasem askorbinowym z pominięciem cukrów, tworząc barwne związki, jednakże ziemniak nigdy nie zawiera tak dużej ilości wolnych aminokwasów i kwasu askorbinowego, by wynik ich reakcji zdecydowanie wpływał na "pogorszenie" barwy czipsów. Jest to zgodne z wynikami badań własnych, gdyż badana odmiana 'MILA' zawierała wyższą jak przeciętnie zawartość witaminy C [$\bar{x}$ z 3 lat 21,2 mg% św. masie] i pomimo tego wpływała ona tylko

Rys. 5

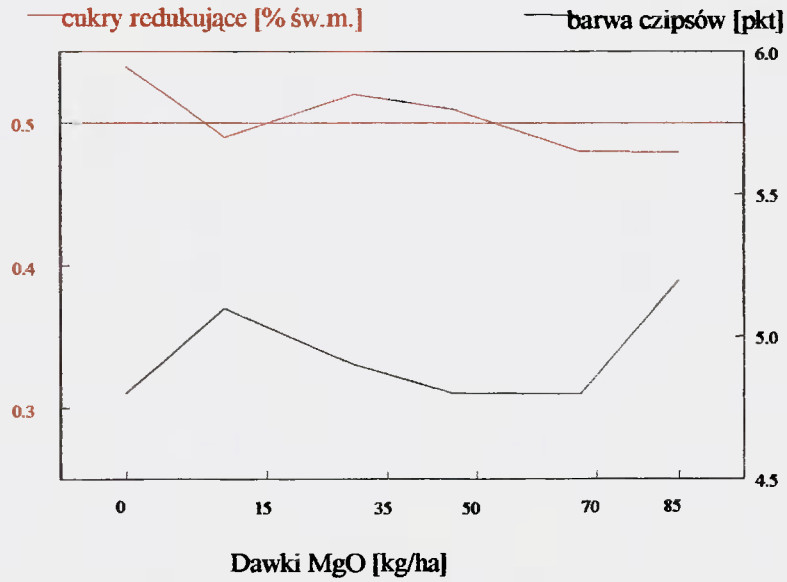

Jakość frytek
Dane po standaryzacji. Średnio z trzech lat.
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
0
15
35
35+15
70
70+15
Termin oceny
Po zbiorach
Po przechowywaniu
Dawki MgO [kg x ha-1]

Rys. 6


Jakość czipsów
Dane po standaryzacji. Średnio z trzech lat.
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
0
15
35
35+15
70
70+15
Termin oceny
Po zbiorach
Po przechowywaniu
Dawki MgO [kg x ha-1]



Rys.7 Barwa czipsów w zależności od zawartości cukrów redukujących [$\bar{x}$ z trzech lat – po zbiorze]



Rys.8 Barwa czipsów w zależności od zawartości cukrów redukujących [$\bar{x}$ z trzech lat – po przechowywaniu]

korzystnie na "poprawę" barwy czipsów, a współczynnik korelacji pomiędzy witaminą C a barwą czipsów był dodatni i wynosił r=0,64.

Wobec powyższego można stwierdzić, że "pogorszenie" barwy czipsów było rezultatem karmelizacji cukrów podczas smażenia rozdrobnionych bulw. Potwierdzają to również uzyskane współczynniki korelacji w badaniach własnych, które wskazują na wyraźny ujemny związek między zawartością cukrów ogółem [r=-0,63], cukrów prostych [r=-0,65], z jakością czipsów, oraz cukrów ogółem [r=-0,70] i cukrów prostych [r=-0,73] z barwę czipsów.

Jak wynika z badań własnych, na jakość czipsów wpływa również zawartość suchej masy [r=0,69], przy czym wyższa jej zawartość jest czynnikiem pożądanym co potwierdzają inni autorzy. Górną granicą zawartości cukrów redukujących w bulwach przeznaczonych do produkcji czipsów jest zawartość 0,25% lub do 0,35% - lecz przy tej zawartości muszą być one poddane blanszowaniu – a potwierdzają to badania Horubała A. 1988; Lisińska G., Leszczyński W. 1989; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1981, 1996; Lisińska G. 1994; Lisińska G., Rutkowski A. 1999. Horubała A. 1988 i Lisińska G. 1994, 1999 stwierdzają, że czipsy z ziemniaka o wysokiej zawartości suchej masy [powyżej 25%] mogą mieć twardą konsystencję, natomiast czipsy z bulw o zbyt niskim ciężarze właściwym [o niskiej zawartości suchej masy], zawierające dużo tłuszczu charakteryzują się mazistą, mało chrupką konsystencją.

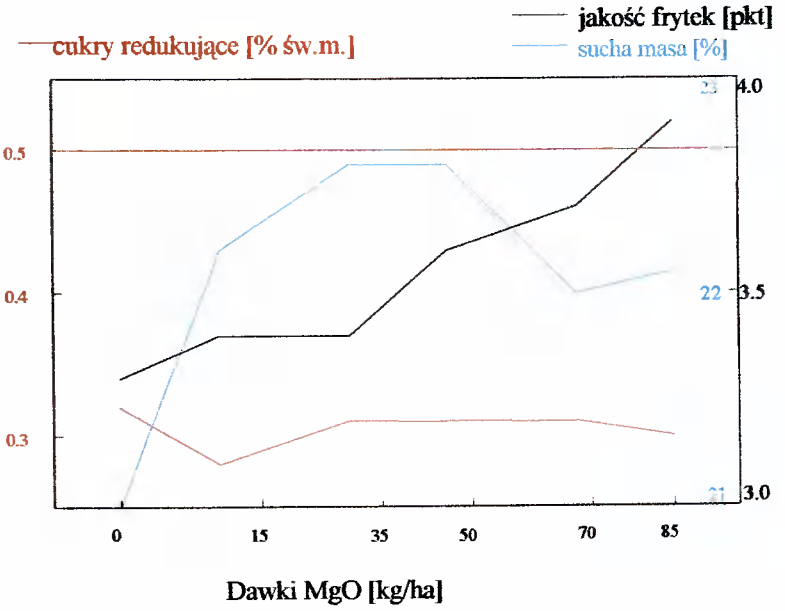
O ile na klasyfikację czipsów wpływa głównie ich barwa, to o jakości frytek decyduje w głównej mierze ich konsystencja. Konsystencja produktów smażonych zależy w głównej mierze od zawartości suchej masy. W przypadku bulw przeznaczonych do produkcji frytek, powinny one charakteryzować się zawartością suchej masy od 20 - 24% [Horubała A. 1988; Lisińska G., Leszczyński W. 1989; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1996]. Lisińska G. 1994 zawęża ten zakres w stosunku do suchej masy od 20 - 22%, oraz podaje również wskazaną zawartość skrobi 14 - 16%. Ponadto ziemniaki przeznaczone do produkcji frytek nie powinny zawierać więcej niż 0,30% cukrów redukujących [Lisińska G. 1994; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1996]. Badania własne potwierdzają w całej rozciągłości rezultaty uzyskane przez innych autorów w zakresie wpływu na jakość produktów smażonych ich składu chemicznego. Stwierdzono, że na jakość frytek wpływ ma zarówno zawartość suchej masy jak i

cukrów redukujących [rys.9]. Potwierdzają to również uzyskane współczynniki korelacji między zawartością cukrów ogółem [r=-0,56], cukrów prostych [r=-0,58], suchą masą [r=0,49] a jakością frytek. Nawożenie magnezem wpływając na zawartość tych składników w bulwach, będzie zawsze oddziaływało na jakość frytek [rys.5]. Po przechowywaniu bulw, jakość otrzymanych z nich frytek i czipsów obniża się głównie w związku ze zmianą składu chemicznego bulwy ziemniaka. Stwierdzono, że nawożenie magnezem w czasie długotrwałego okresu przechowywania podobnie jak w okresie wegetacji modyfikując skład chemiczny bulw ziemniaka w zakresie związków wpływających na jakość frytek i czipsów, może ograniczać skłonność do pogarszanie tej jakości [rys.5,6,8,10].

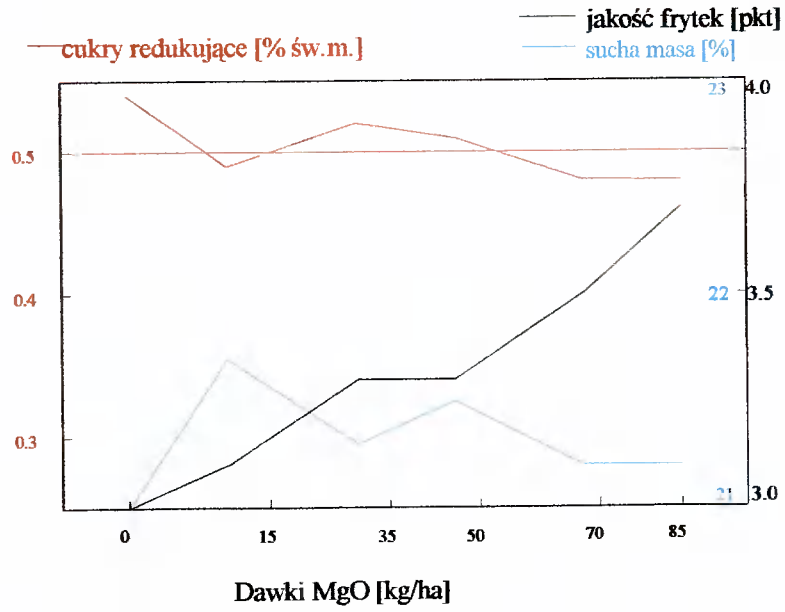
Powierzchnia przeciętej surowej bulwy ziemniaka ciemnieje, stając się kolejno różową , brunatną, w końcu szaroczarną. Spowodowane jest to działaniem enzymu oksydazy polifenolowej, która – korzystając z tlenu atmosferycznego – utlenia związki fenolowe zawarte w bulwie, głównie aminokwas – tyrozynę i kwasy fenolowe : chlorogenowy i kawowy [Putz B., Kempf W. 1983; Horubała A. 1988; Lisińska G., Leszczyński W. 1989; Zgórska K. 1989; Leszczyński W. 1994; Putz B. 1995; Miller M. 1996].

Proces utleniania fenoli przebiega wieloetapowo : początkowo z udziałem enzymów, a następnie – w wyniku szeregu nieenzymatycznych reakcji polimeryzacji, utleniania i łączenia z białkami – tworzą się barwne związki melaninowe [Rogozińska 1987; Horubała A. 1988; Leszczyński W. 1994; Putz B. 1995; Miller M. 1996].

Ciemnieniu enzymatycznemu zapobiegają substancje redukujące zawarte w bulwie, takie jak kwas askorbinowy i kwas cytrynowy [Wieczer A., Gonczarik M. 1977; Rogozińska I. 1987; Leszczyński W. 1994; Wojdyła T. 1997]. We wszystkich bulwach ziemniaka występują związki fenolowe, a tylko zróżnicowany jest ich poziom [Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1996; Wojdyła T. 1997]. Według Miller M 1996; Pawelzik E., Delgado E. 1999 w pierwszym rzędzie poziom tych związków zależy od procesów fizjologicznych zachodzących w bulwie w okresie wegetacji, w tym główna rolę odgrywa zawartość suchej masy, turgor, czyli ciśnienie soku komórkowego na ścianki komórki, grubość skórki oraz czas różnicujący okres więdnięcia naci z osiągnięciem pełnej dojrzałości wegetacji bulw.



Rys.9 Wpływ cukrów redukujących i suchej masy na jakość frytek [$\bar{x}$ z trzech lat – po zbiorze]

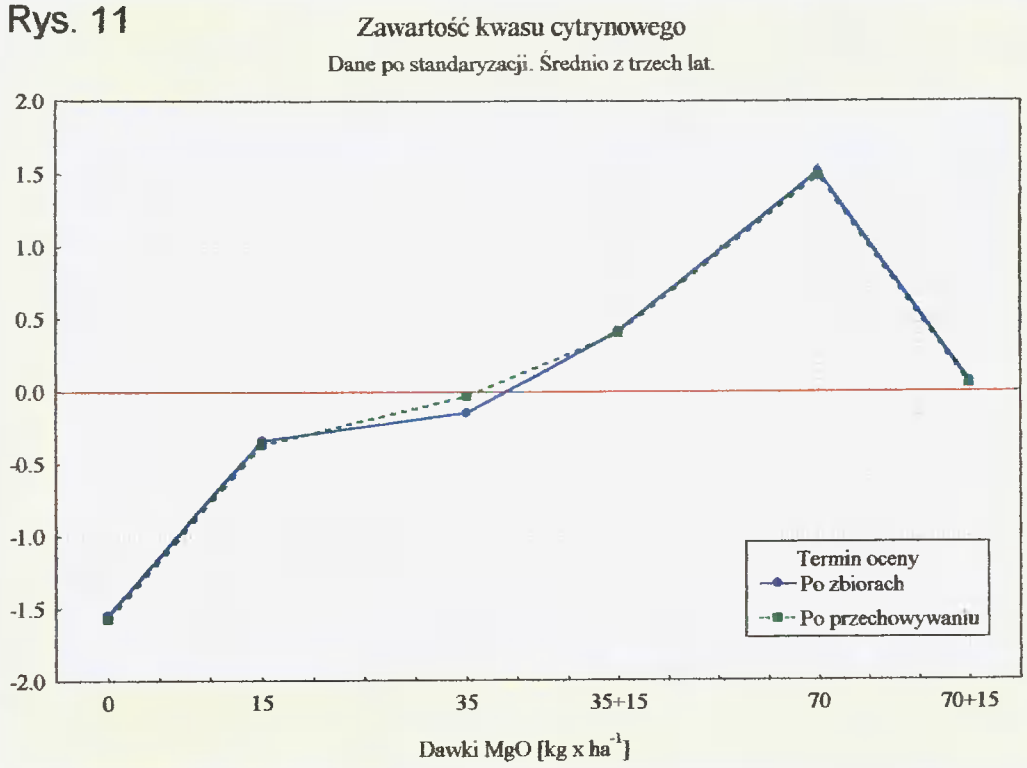


Rys.10 Wpływ cukrów redukujących i suchej masy na jakość frytek [$\bar{x}$ z trzech lat – po przechowywaniu]

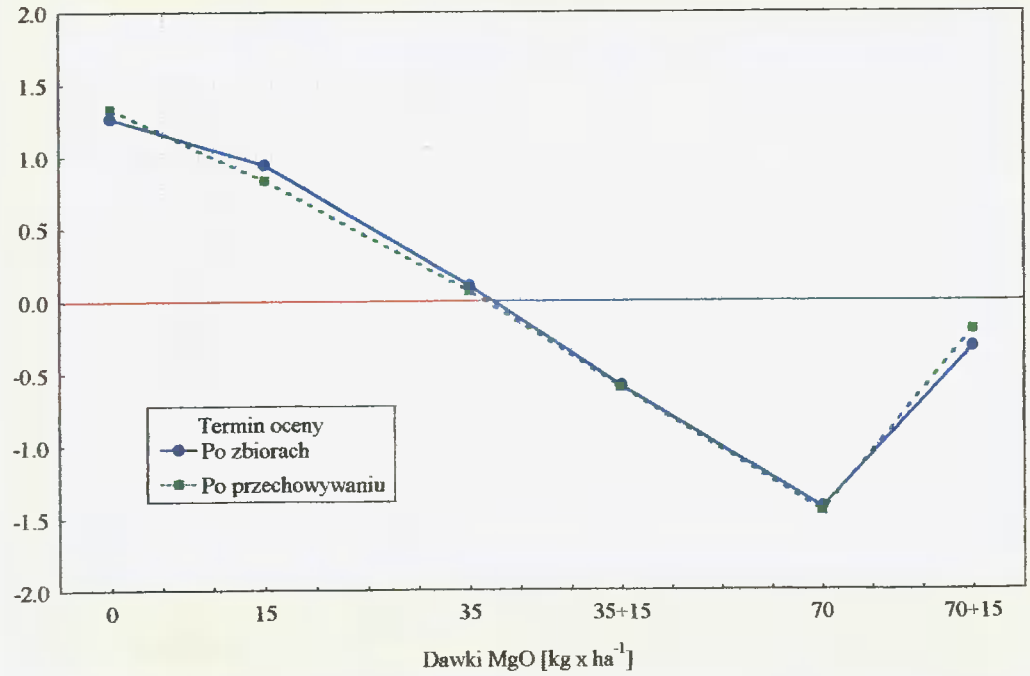
Inni autorzy [Zgórska K. 1989; Putz B. 1995; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1996] stwierdzili, że poziom tych związków podnosi się na skutek uszkodzenia bulw i jest to efekt reakcji obronnej bulwy a konsekwencją ciemna plamistość pouderzeniowa. Badania dotyczące ciemnienia bulw ziemniaka prowadzone przez Rogozińska I. 1987; Horneburg B., Wirsing F. 1995; Pawelzik E., Delgado E. 1999 wskazują, że stresy wywołane niedoborem składników pokarmowych w tym szczególnie azotu i magnezu są główną przyczyna większej koncentracji związków fenolowych w bulwach w okresie ich wegetacji. Według Pawelzik E., Delgado E. 1999 magnez obok wapnia wchodzi w skład związków pektynowych biorących udział w budowie i kształtowaniu się ścian komórkowych. Niewystarczająca jego "rozporządzalność" szczególnie w okresie kształtowania bulwy ziemniaka może już w okresie wegetacji uwarunkować jej predyspozycje – skłonność – do ciemnienia.

W badaniach własnych poziom kwasu chlorogenowego zależny był zarówno od terminu oceny jak i nawożenia magnezem. Pod wpływem zastosowanych w doświadczeniu dawek MgO, zaobserwowano spadek w bulwie kwasu chlorogenowego prawie, że proporcjonalny do zwiększanych dawek. Najkorzystniejszą zarówno w bulwach analizowanych bezpośrednio po zbiorze jak i po przechowywaniu okazała się dawka 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ [rys.12], przy której zawartość kwasu wynosiła odpowiednio 117,1 μg/g s.m dla bulw po zbiorze i 121,0 μg/g s.m dla bulw po przechowywaniu i była najniższa w porównaniu do pozostałych obiektów. Podobne rezultaty uzyskali Rogozińska I., Wojdyła T. 1990, 1991; Rogozińska I. 1991; Rogozińska I., Pińska M. 1995]. Wszyscy ci autorzy prowadzili doświadczenia na tej samej odmianie przy innych generalnie niższych dawkach. Rogozińska I., Wojdyła T. 1993 nie otrzymali istotnego statystycznie udowodnionego obniżenia zawartości kwasu chlorogenowego w bulwach pod wpływem dawek MgO, choć zaznaczyła się tendencja spadkowa. Należy jednak zwrócić uwagę, że prowadzili oni badania stosując odmienne podstawowe dawki N i K [N- 100 i 150 $kg \cdot ha^{-1}$; K – 50, 100, 150 $kg \cdot ha^{-1}$] w odmiennych warunkach pogodowych, z nawożeniem organicznym [250 $dt \cdot ha^{-1}$]. Ponieważ w badaniach własnych już dawka 15 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ obniżała zawartość kwasu chlorogenowego w stosunku do obiektu bez nawożenia, może to świadczyć o dużej roli magnezu na kształtowanie się zawartości tego związku.

Rys. 11


Zawartość kwasu cytrynowego
Dane po standaryzacji. Średnio z trzech lat.
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
0
15
35
35+15
70
70+15
Termin oceny
Po zbiorach
Po przechowywaniu
Dawki MgO [kg x ha-1]

Rys. 12


Zawartość kwasu chlorogenowego
Dane po standaryzacji. Średnio z trzech lat.
2.0
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
0
15
35
35+15
70
70+15
Termin oceny
Po zbiorach
Po przechowywaniu
Dawki MgO [kg x ha-1]

W trakcie długotrwałego przechowywania bulw poziom kwasu chlorogenowego zwiększał się. Jest to zdaniem wielu autorów związane również ze stresami na jakie narażona jest bulwa w trakcie długotrwałego składowania wynikających z nieodpowiednich warunków środowiskowych : temperatury, wilgotności względnej powietrza, składu gazowego , mechanicznych uszkodzeń [Rogozińska I. 1987; Zgórska K. 1989; Rogozińska I., Pińska M. 1995; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1996].

Ponieważ najczęściej w naszym kraju, bulwa ziemniaka spożywana jest w postaci ugotowanej w wodzie, ważną jej cechą jest zachowanie pierwotnej barwy miąższu. Miąższ bulw ziemniaka po ugotowaniu może przybierać szary odcień. Zjawisko to nazwane ciemnieniem po ugotowaniu lub chemicznym, jest wynikiem nieenzymatycznych procesów utleniania. Polega ono na łączeniu się kwasu chlorogenowego z Fe do ciemno zabarwionych kompleksów kwasu żelazo-dwuchlorogenowego [Mondy N.J. 1971; Amberger A., Schaller K. 1974; Fotyma M. 1985; Leszczyński W. 1994; Putz B. 1995; Miller M. 1996].. Proces ten ulega zahamowaniu w obecności związków chelatujących żelazo, jak fosforany, a głównie kwas cytrynowy [Mondy N.J. 1971; Fotyma M. 1985; Rogozińska I. i in. 1986; Rogozińska I. 1991; Rogozińska I., Wojdyła T 1993; Rogozińska I., Pińska M 1995; Miller M 1996].

Zawartość kwasu cytrynowego uzależniona jest od odmiany i nawożenia, a potwierdzają to badania prowadzone między innymi przez [Mondy N.J. 1971; Beca J., Mica B. 1979; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1981; Rogozińska I. 1987, 1991; Rogozińska I., Wojdyła T. 1991, 1993; Rogozińska I., Pińska M. 1995; Wojdyła T. 1997]. Nawożenie magnezem wpływa pozytywnie na zawartość kwasu cytrynowego w bulwach badanej odmiany 'MILA'. Zwiększanie dawki magnezu spowodowało niemal liniowy i uporządkowany wzrost zawartości tego składnika do dawki 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ zarówno po zbiorze jak i po przechowywaniu [rys.11]. Podobne wyniki otrzymali inni autorzy Beca J., Mica B. 1979; Rogozińska I. 1990; Rogozińska I., Wojdyła T. 1991, 1993; Rogozińska I., Pińska M. 1995 mimo, że stosowali niższe dawki magnezu : 20, 40 i 60 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ i prowadzili doświadczenia w innych warunkach. Wzrost kwasu cytrynowego zarówno w badaniach własnych jak i u wyżej cytowanych autorów następował przy każdej z zastosowanych dawek , osiągając maksimum przy dawce 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$, co

upoważnia do stwierdzenia, że jest to górna granica przy której osiągamy pozytywny efekt.

Jednocześnie w czasie ogrzewania [gotowania] zachodzi inny typ nieenzymatycznego ciemnienia ziemniaka. Zachodzi wówczas reakcja Maillarda, polegająca na kondensacji zawartych w bulwie cukrów redukujących ze związkami posiadającymi wolna grupę aminową, głównie aminokwasami. Końcowym produktem wieloetapowego procesu są barwniki melanoidowe, nadające produktowi ciemną [brązową] barwę. Intensywność powstałego zabarwienia uzależniona jest od zawartości cukrów redukujących w bulwach [Leszczyński W. 1994; Putz B.1995; Miller M. 1996].

Obniżenie intensywności ciemnienia miąższu, a nawet brak tego ciemnienia w badanych bulwach surowych jak i po ugotowaniu, występowało pod wpływem wzrastających dawek nawożenia magnezem [rys.13,14,15,16]. Wyniki badań są zgodne z rezultatami jakie uzyskali : Rogozińska I. 1990, 1991; Rogozińska I., Pińska M. 1995; Ciećko Z., Żołnowski A. 1999. Sposób aplikacji magnezu nie miał istotnego wpływu na intensywność ciemnienia miąższu bulw zarówno świeżych jak i ugotowanych podobnie jak w badaniach Rogozińska I. 1991; Ciećko Z., Żołnowski A. 1999.

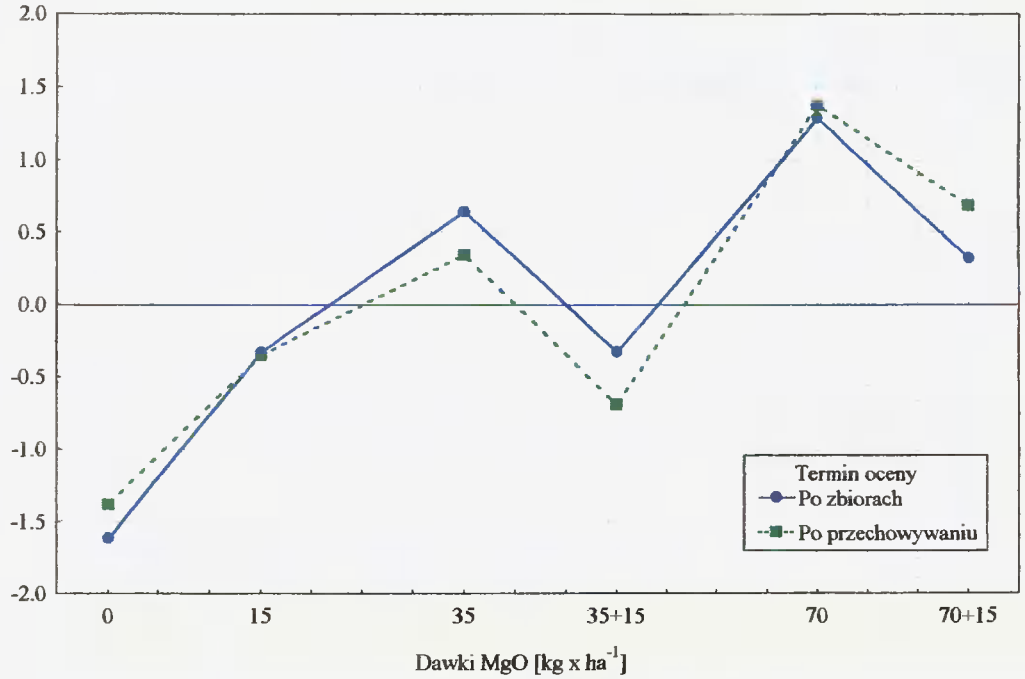
Ponadto badania własne wykazały, że intensywność ciemnienia miąższu po przechowywaniu [rys.13,14,15,16] była nieco większa niż po zbiorze co zgodne jest z wynikami Rogozińska I. 1991; Rogozińska I., Pińska M. 1995; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1981, 1996]. Leppack E. 1995; Miller M. 1996 podają, że na skutek utrzymania w przechowalni zbyt niskiej wilgotności względnej powietrza poniżej 90%, następuje większe parowanie i utrata wody, a procesy te wzmagają intensywność do ciemnienia. Natomiast wszyscy wyżej wymienieni autorzy są zgodni, że wzrost do ciemnia miąższu bulw po przechowywaniu jest skutkiem zmian zachodzących w składzie chemicznym bulw ziemniaka w trakcie przechowywania, a więc konsekwencją spadku zawartości witaminy C, wzrostem zawartości kwasu chlorogenowego i cukrów.

Szeroko omówione w literaturze zagadnienie wpływu tych czynników na procesy ciemnienia bulw, nie obejmują zakresu ich wzajemnego współdziałania, jak i kształtowania się zawartości tych składników pod wpływem zróżnicowanych dawek Mg . W badaniach własnych ujemnie skorelowany z ciemnieniem bulw

Rys. 13

Ciemnienie bulw surowych po 10'

Dane po standaryzacji. Średnio z trzech lat.

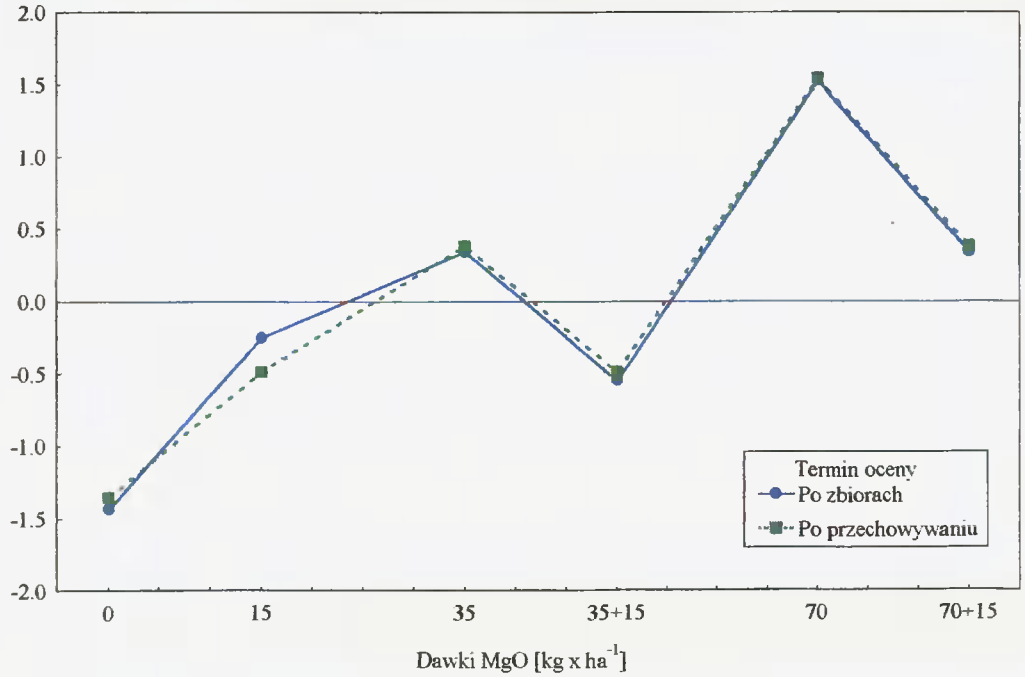


Dawki MgO [kg x ha^{-1}]

Rys. 14

Ciemnienie bulw surowych po 1 h

Dane po standaryzacji. Średnio z trzech lat.

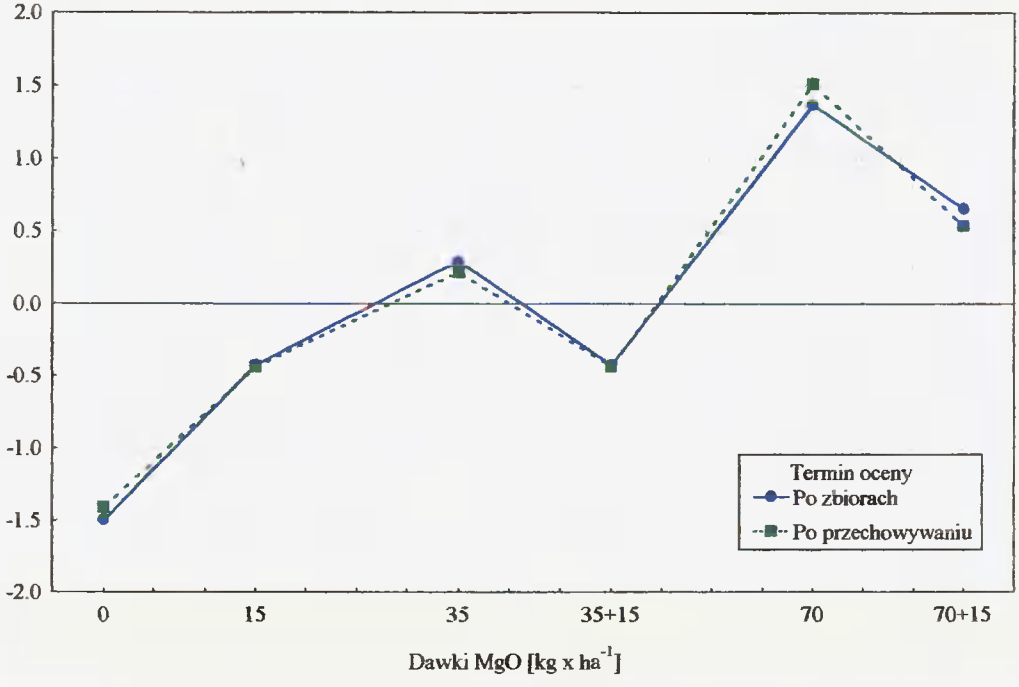


Dawki MgO [kg x ha^{-1}]

Rys. 15

Ciemnienie bulw ugotowanych po 10'

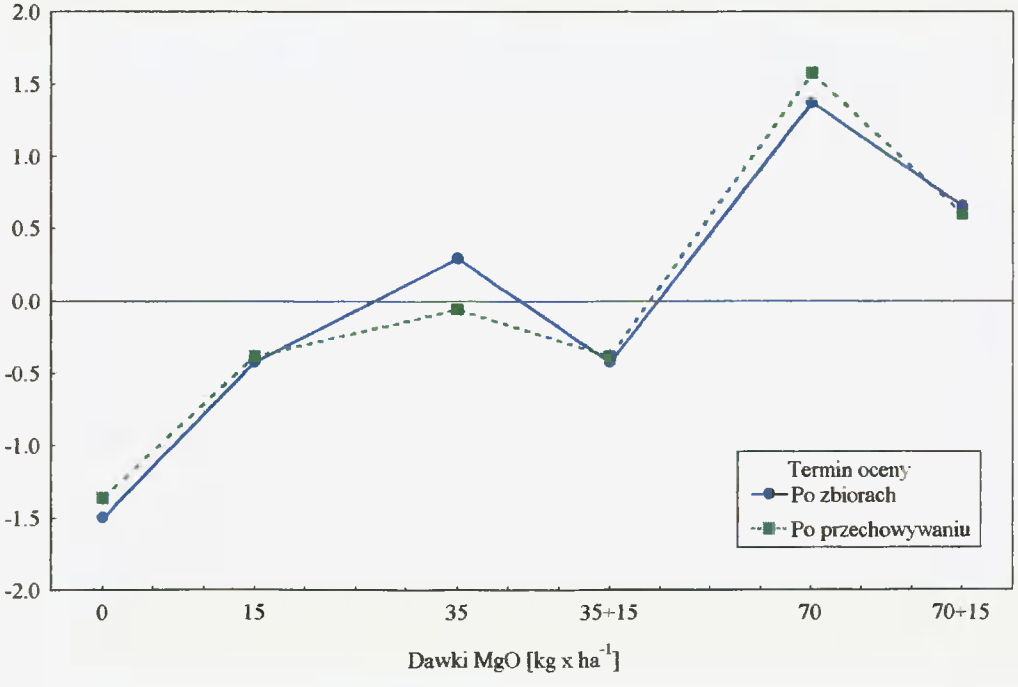
Dane po standaryzacji. Średnio z trzech lat.



Rys. 16

Ciemnienie bulw ugotowanych po 24 h

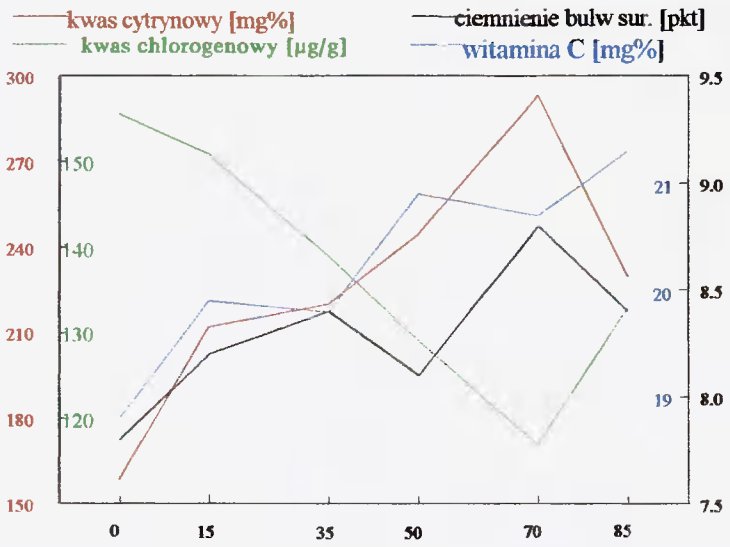
Dane po standaryzacji. Średnio z trzech lat.



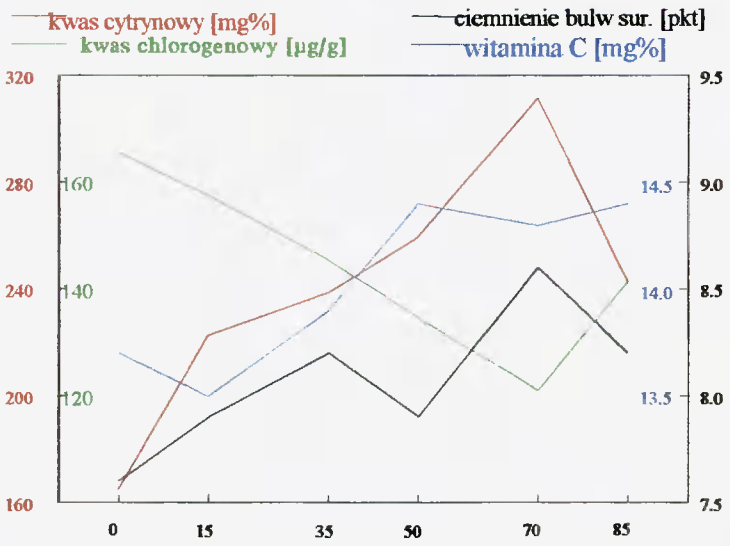
surowych był kwas chlorogenowy [r=-0,64; r=-0,63], natomiast dodatnią korelację wykazał kwas cytrynowy [r=0,62; r=0,62] oraz witamina C [r=0,35; r=0,32]. Podobne zależności wystąpiły pomiędzy kwasem chlorogenowym, kwasem cytrynowym, witaminą C a ciemnieniem bulw ugotowanych, a współczynniki korelacji wynosiły odpowiednio : dla kwasu chlorogenowego [r=-0,69; r=-0,72], kwasu cytrynowego [r=0,67; r=0,63] i witaminy C [r=0,35; r=0,47]. Zakres wpływu nawożenia magnezem na zawartość kwasów organicznych, oraz wpływ wzajemnego ich współdziałania na zdolność do ciemnienia bulw surowych po zbiorach jak i po przechowywaniu ilustrują rysunki 17,18. Jak wynika z danych bulwy miały najmniejszą tendencję do ciemnienia przy zastosowanej dawce 70 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ co było wynikiem osiągnięcia przy tej dawce najwyższej zawartości kwasu cytrynowego i wysokiej zawartości witaminy C, a jednocześnie krytycznie niskiej zawartości kwasu chlorogenowego. Okazuje się również, że najmniejszy wpływ na intensyfikacje ciemnienia bulw wywierała witamina C, co potwierdziły współczynniki korelacji. Skłonność do ciemnienia bulw zarówno enzymatycznego jak i nieenzymatycznego uważana jest za cechę negatywną. Bulwy o pociemniałym miąższu wywołują niekorzystne wrażenia zmysłowe i nie są akceptowane przez konsumentów.

W ziemniakach konsumpcyjnych ważnym jest otrzymanie nie tylko dużego plonu, ale również wysokiej zawartości skrobi, białka, witamin oraz niskiej zawartości związków szkodliwych, takich jak azotany czy solanina [Leszczyński W. 1994]. Istotną rolę odgrywa więc ustalenie takich dawek nawozów mineralnych, przy których nie następowałyby niekorzystne zmiany dyskwalifikujące bulwy ziemniaka jako produktu spożywczego. Dlatego w badaniach własnych zastosowano zróżnicowane dawki magnezu, aby była możliwość poznania jego oddziaływania również na wartość odżywczą bulwy ziemniaka co umożliwi dobranie optymalnej dawki Mg.

Bardzo ważną z punktu widzenia odżywczego i konsumpcyjnego – smakowitość – jest zawartość w bulwach witaminy C, bowiem ta właśnie witamina spełnia ogromna rolę w organizmie i nie może być przez niego syntetyzowana. Do najważniejszych funkcji witaminy C w organizmie należą : synteza kolagenu [białko], gojenie się ran, rola antyoksydacyjna [przekształcanie związków toksycznych w nietoksyczne] , ochrona ścian komórkowych i wiele innych



Rys.17 Zakres wpływu nawożenia magnezem na zawartość składników wpływających na procesy ciemnienia bulw [$\bar{x}$ trzech lat – po zbiorze]



Rys.18 Zakres wpływu nawożenia magnezem na zawartość składników wpływających na procesy ciemnienia bulw [$\bar{x}$ z trzech lat – po przechowywaniu]

[Borek-Wociechowska R. 2000]. Durlach [za Borek-Wojciechowską R.] donosi o stosowaniu witaminy C w celu poprawy przyswajalności magnezu. Należy więc zrobić wszystko, aby w produktach żywnościowych, szczególnie tych zawierających ją naturalnie, każdym dostępnym sposobem zwiększać w nich jej zawartość. Ponieważ magnez ma duże znaczenie jako aktywator wielu procesów enzymatycznych, bierze udział w syntezie i przemianie węglowodanów, białek i kwasów organicznych można przyjąć, że optymalne zaopatrzenie ziemniaka w magnez może być decydujące dla syntetyzowania się w bulwach tej witaminy.

Jak stwierdzono w wyniku badań własnych zawartość witaminy C zależała od obu czynników doświadczenia : nawożenia i przechowywania. O ile nawożenie przyjętymi w doświadczeniu dawkami powodowało jej wzrost, to w wyniku długotrwałego składowania nastąpił jej spadek. Istnieje pogląd, że prawidłowe zaopatrzenie ziemniaka w magnez wpływa dodatnio na aktywowanie enzymów odpowiedzialnych za wytwarzanie tej witaminy [Varis E. 1970; Rogozińska I. 1991,1993; Rogozińska I., Wojdyła T. 1993,1996; Sienkiewicz S. 1995].

Badania własne potwierdzają tą zależność, gdyż każda z zastosowanych dawek magnezu powodowała wzrost zawartości witaminy C przy, czym najkorzystniejsza w tym zakresie okazała się dawka 50 kg $MgO \cdot ha^{-1}$. Rogozińska I., Wojdyła T. 1990, 1991 prowadząc badania na tej samej odmianie MILA stosując obornik oraz 20, 40 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ na tle różnych dawek K uzyskali wysoki dodatni stopień korelacji pomiędzy nawożeniem magnezem, a zawartością witaminy C. Jednakże ci sami autorzy prowadząc podobne badania w roku 1993 przy nieco odmiennych podstawowych dawkach nawozów nieorganicznych [na tle dwóch poziomów N] nie stwierdzili istotnego wpływu magnezu na zawartość tej witaminy, jednak nie można pominąć faktu, że jej zawartość nieco podwyższała się pod wpływem dawek Mg.

Wielu badaczy zauważa, że nawożenie azotem wpływa na obniżenie zawartości witaminy C [Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk 1977; Maga J. A. 1980; Burton W. G. 1982; Rogozińska I. 1987; Kubicki K. 1988]. Większość wymienionych autorów wskazuje też na zależność zawartości witaminy C w bulwach od odmiany, jak i od uzyskania pełnej dojrzałości bulw w momencie zbioru. Nawożenie azotowe opóźnia osiągnięcie pełnej dojrzałości bulw i często w czasie zbioru bulwy nie są w pełni dojrzałe. Okres sadzenia bulw jak i termin

zbioru są wprawdzie w dużym stopniu determinowane warunkami klimatycznymi, brak jest jednak obiektywnej metody oceny osiągnięcia ich pełnej dojrzałości. Dlatego można przypuszczać, że różnice, jakie uzyskali autorzy wynikać mogą zarówno z niejednolitego terminu zbioru, jak i nie zawsze pełnej dojrzałości bulw, szczególnie w doświadczeniach intensywniej nawożonych azotem. Należy również uwzględnić, że w licznych doświadczeniach stosowano zróżnicowane dawki azotu a ich wielkość osiągała często ekstremalnie wysoki poziom. Uzyskane wyniki w badaniach własnych zgodne są co do zakresu stosowania dawki N [120 kg $N \cdot ha^{-1}$], przy której to nie dochodzi do drastycznych spadków sumy kwasu askorbinowego i dehydroaskorbinowego, a potwierdzają to w całej rozciągłości również badania prowadzone przez innych [Müller K. 1986; Rogozińska I., Wojdyła T. 1996; Rogozińska I. i in. 1999].

W dokonanym przeglądzie literatury niektórzy autorzy, uzależniają zdolność bulw do koncentracji witaminy C również od sposobu aplikacji nawożenia mineralnego roślinie. Nawożenie dolistne w badaniach własnych wpływało pozytywnie na zawartość tej witaminy, co zgodne jest z opinią innych badaczy [Rogozińska I 1990; Rogozińska I, Wojdyła T 1993]. Wymienieni autorzy stosowali magnez doglebowo w ilości 30 i 60 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ dodając 15 kg dolistnie co spowodowało istotny wzrost witaminy C w stosunku do jej zawartości w bulwach nawożonych doglebowego, potwierdzając tym samym znaczenie dolistnego dokarmiania rośliny w okresie jej wegetacji. Jednakże ta sama autorka prowadząc badania w latach o odmiennych jak poprzednio warunkach meteorologicznych, glebowych z nawożeniem ziemniaka magnezem zastosowanym doglebowo i dolistnie nie uzyskała potwierdzenia wcześniejszych rezultatów. Zaznacza się, że dotyczyły one tej samej odmiany.

O ile opinie w zakresie wpływu nawozów magnezowych na zawartość witaminy C są nieco rozbieżne, to w zakresie zmian zachodzących w bulwach przechowywanych wszyscy autorzy są zgodni, że w wyniku długotrwałego składowania bulw zawsze następują jej straty [Amberger A., Schaller K. 1974; Burton W. G. 1982; Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1985, 1996; Kubicki K. 1988; Rogozińska I. 1983, 1990, 1991; Rogozińska I., Wojdyła T. 1991]. W przeprowadzonych badaniach ubytki witaminy C w wyniku przechowywania wynosiły średnio 34% i były odpowiednio mniejsze o 13% i 16% od strat , jakie

uzyskali m. in. Rogozińska I., Wojdyła T. 1993, 1996.

Na uwagę zasługuje fakt, że najwyższe ilości witaminy C po przechowywaniu zawierały bulwy pochodzące z obiektów, które w okresie wegetacji nagromadziły jej najwięcej i jest to zgodne z wcześniejszymi wynikami Rogozińskiej I. 1990, 1991 oraz Rogozińskiej I., Wojdyły T. 1991. Wielu autorów udowadnia, że szczególnie duże spadki witaminy C następują w okresie pierwszych 3 miesięcy przechowywania – dochodzące nawet do 50%. W dalszym okresie przechowywania proces ten jest powolniejszy , natomiast w końcowej fazie może nastąpić nawet wzrost jej zawartości [Amberger A., Schaller K. 1974; Burton W. G. 1982; Rogozińska I. 1983 1987]. W badaniach własnych nie prowadzono obserwacji w trakcie składowania bulw lecz tylko określano jej poziom wraz z końcem przyjętego cyklu przechowywania [6 m-cy], uzyskując i tak lepsze jak inni autorzy rezultaty.

Nie mniej ważnym składnikiem z punktu widzenia wartości odżywczej ziemniaka jest białko, a szczególnie właściwe, bowiem zawiera ono wszystkie aminokwasy egzogenne [Wieczer A., Gonczarik M. 1977; Leszczyński W. 1994]. Badania własne wykazały korzystną reakcję bulw ziemniaka pod wpływem dawek Mg na zawartość w nich azotu a tym samym białka ogólnego. Najkorzystniejsza okazała się dawka 50 kg $MgO \cdot ha^{-1}$. Co do pozytywnego działania magnezu na zawartość azotu i białka ogólnego, zgodność literatury z badaniami własnymi jest szeroka i jednoznaczna [Lehmann K. 1973; Jaśkowski Z. 1977; Mondy N. J., Pannamalam R. 1986; Rogozińska I. 1990; Mazur T., Krefft L. 1991; Rogozińska I., Wojdyła T. 1993].

Natomiast brak jest obszerniejszej literatury dotyczącej wpływu tego nawożenia na zawartość białka właściwego i jego procentowego udziału w białku ogólnym. Badając skład bulwy pod tym kątem, okazało się, że zawartość białka właściwego podobnie, jak białka ogólnego pod wpływem dawek Mg wzrastała. Jednakże należy zwrócić uwagę, że wzrost białka ogólnego, był dużo niższy od wzrostu zawartości białka właściwego. I tak przy najkorzystniejszej dawce dla obu białek 50 kg $MgO \cdot ha^{-1}$ wynosił on odpowiednio 16,5% dla białka ogólnego, natomiast aż 34,9% dla białka właściwego. Podobne rezultaty i zależności potwierdziły badania prowadzone przez Mazura T., Krefft L. 1991. Autorzy ci prowadzili badania nad wpływem nawożenia magnezem na zawartość obu białek

u odmiany jadalnej 'ATOL' i przemysłowej 'CISA'. W przypadku zarówno jednej, jak i drugiej odmiany uzyskali oni wzrost zawartości białka ogólnego i właściwego, przy czym zawartość białka właściwego wzrastała bardziej.

Ponieważ w pracy własnej zwracano szczególną uwagę na wartość odżywczą, wyliczono również, jak pod wpływem dawek Mg kształtował się procentowy udział białka "czystego" w białku ogólnym. Osiągnięty rezultat okazał się korzystny dla tak ważnej dla konsumenta wartości odżywczej. Udział ten wzrastał i był najkorzystniejszy przy dawce 50 kg $MgO \cdot hg^{-1}$. W literaturze nie znaleziono potwierdzenia tych wyników.

Po długotrwałym okresie przechowywania istotnie wzrastała tylko zawartość azotu. Jednakże wzrost ten wydaje się być pozorny, gdyż nie nastąpił równolegle istotny wzrost białka ogólnego. Należy wziąć pod uwagę, że oznaczenia azotu dokonano w suchej masie, natomiast białka ogólnego w świeżej masie, przy jednoczesnym uwzględnieniu rzeczywistych straty świeżej masy, towarzyszących zawsze bulwom w trakcie ich składowania. W doświadczeniach prowadzonych przez innych badaczy, można doszukać się tylko potwierdzenia wzrostu zawartości azotu po przechowywaniu, natomiast brak jest danych o białku.

Magnez występuje w roślinnych produktach przeważnie związany w chlorofilach, które tworzą kompleksy z białkami; część związana jest również w innych biokompleksach lub występuje w postaci soli organicznych i nieorganicznych. Zapotrzebowanie na magnez człowieka pokrywa przede wszystkim spożywanie pokarmów roślinnych.

Bulwy ziemniak charakteryzują się stosunkowo niską zawartością magnezu wynoszącą przeciętnie 0,15% powietrznie suchej masy, ale ze względu na jego fizjologiczną rolę już dla samej rośliny i ludzi, nie można tej zawartości bagatelizować. Do połowy lat osiemdziesiątych nie zwracano większej uwagi na ziemniaki, jako źródło tego niezbędnego dla zdrowia człowieka pierwiastka. Badania analityczne przeprowadzone przez Rutkowska U. i in. 1993 nad składem i wartością odżywczą racji pokarmowych dowiodły, że ziemniak pokrywa nasze zapotrzebowanie na magnez w około 20%.

Badania własne wykazały, że zawartość magnezu w bulwach ziemniaka po zbiorze rosła, zgodnie z oczekiwaniem, pod wpływem nawożenia wzrastającymi

dawkami Mg. Jednak najwyższy przyrost zawartości uzyskiwano przy dawkach, zastosowanych doglebowo z dodatkiem oprysków. Można więc przypuszczać, że dokarmianie dolistne rośliny w czasie okresu wegetacji tym pierwiastkiem, ma duży wpływ na jego zawartość. Za ważne należy również uznać, że efekt taki osiągnięto w każdym roku trzyletnich badań, niezależnie od warunków pogodowych, które były bardzo zróżnicowane w latach. Uzyskane zależności są potwierdzeniem wyników badań prowadzonych przez Lehmanna K. 1973 oraz Mazura T., Frieske J. 1984, według opinii których zawartość magnezu w bulwach ziemniaka systematycznie wzrastała w miarę podwyższania dawek tego składnika do dawki 48 kg $MgO \cdot ha^{-1}$. Rogozińska I., Wojdyła T. 1993 osiągnęli również wzrost, aż do zastosowanej w ich badaniach maksymalnej dawki 40 kg $MgO \cdot ha^{-1}$, a uzyskana przez nich procentowa zawartość tego pierwiastka była mniejsza, niż w badaniach własnych co było wynikiem niższych jak w badaniach własnych dawek Mg. Wpływ na to mogło mieć również, równoczesne stosowanie przez wyżej wymienionych autorów wysokich dawek nawożenia azotowego w formie amonowej, która to wg. Lehmanna K. 1973 działa antagonistycznie na pobieranie magnezu przez ziemniaka. Otrzymane rezultaty są również zgodne z wynikami uzyskanymi przez Rogozińska I. 1990; Mica B., Vocal B. 1983; Rogozińska I., Pińska M. 1995; Sienkiewicz K. 1995.

Rykaczewska K. 1999 prowadząc doświadczenie wazonowe na różnych glebach i dokarmiając rośliny magnezem doglebowo stwierdziła, że zawartość tego pierwiastka w liściach była stała, natomiast zmieniała się jego zawartość w bulwach i łodygach. Przy niższej zawartości magnezu w glebie procentowa zawartość tego pierwiastka w bulwach była wyższa kosztem obniżania się go w łodygach. Stwierdziła ponadto istotny wzrost zawartości magnezu w bulwach dojrzałych w stosunku do bulw niedojrzałych oraz istotne zwiększenie się jego zawartości pod wpływem nawożenia Mg.

Natomiast Lehmann K. już 1973 roku prowadząc doświadczenie wazonowe zauważył, że na glebach lekkich o średniej zasobności w magnez stosując nawożenie tym składnikiem, uzyskuje się duży przyrost tego pierwiastka w bulwach. Jedynie Giroux M. 1986 stosując różne dawki Mg, nie uzyskał istotnych wzrostów tego składnika w bulwach.

Przeprowadzone własne badania wykazały również, że w trakcie przechowywania nie było tendencji spadkowych czy wzrostowych. Zawartość magnezu po przechowywaniu była na takim samym poziomie. Jest, to częściowo sprzeczne z wynikami Rogozińska I., Wojdyła T. 1993; Rogozińska I., Pińska M. 1995, którzy przechowywali bulwy ziemniaków w odmiennych jak w badaniach własnych warunkach środowiskowych i dłuższym okresie.

Omawiając zawartość magnezu w bulwie ziemniaka, nie sposób jest pominąć jego roli na jej zdrowotność. Wg Magnicki K. 1970; Müller K. 1986; Rogozińska I., Wojdyła T. 1991, 1993 i Jabłoński K. 1997 nawożenie magnezem zwiększa odporność ziemniaka na alternariozę i zarazę. Dlatego za tak ważne należy uznać podwyższanie zawartości tego pierwiastka w roślinie. Badanie własne mogą być potwierdzeniem powyższych wniosków, gdyż mimo bardzo zróżnicowanych warunków pogodowych w latach, nie zaobserwowano w żadnym roku nasilenia się tych chorób. Ponadto po długotrwałym okresie przechowywania nie odnotowano ubytków naturalnych spowodowanych mokrą czy suchą zgnilizną.

Omawianie wartości odżywczej ziemniaka nie miałoby sensu bez oceny zawartości związków, jakie mogą być szkodliwe dla zdrowia [glikoalkaloidy, azotany].

Glikoalkaloidy to nazwa łączna dla takich związków jak, czakonina i solanina [Ross H. i in. 1978; Friedman M., Dao L. 1992]. Substancje te są silnymi truciznami - dawka letalna wynosi 3-5 mg na kilogram ciała - podobnie jak strychnina i arszenik [Friedman M., Dao L. 1992]. Niewątpliwie na syntezę glikoalkaloidów ma wpływ światło, co wykazały badania własne, gdyż bulwy z roku 1995, gdzie odnotowano dużą liczbę dni słonecznych zawierały najwięcej solaniny. Potwierdzają to badania Ahmed S. S., Müller K. 1981; Mazurczyk W. 1988; Love S. L. i. in. 1994; Wünsch A., Munzert M. 1994; Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1997. Odmiennego zdania jest Sinden S. L. 1984, który twierdzi, że zimny, deszczowy, pochmurny i krótki sezon wegetacyjny sprzyja nagromadzaniu się glikoalkaloidów w bulwach. Natomiast Rogozińska I., Wojdyła T. 1999 nie udowodnili istotnego wpływu warunków meteorologicznych na zawartość ich w bulwach.

Z punktu widzenia wartości odżywczej bulwy ziemniaka nie mogą przekraczać 20 mg TGA/ 100g św. masy a najczęściej zawartość ta wynosi 3-10

mg/100g św. masy [Ross H. i in. 1978; Maga J. 1980; Ahmed S.S., Müller K. 1981; Lisińska G. 1994; Leszczyński W. 1994]. Przy zawartości 11 mg/100 św. masy nadają one bulwom wyraźny cierpki smak [Ross H. I in. 1978; Leszczyński W. 1994; Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1997]. Podobne zależności uzyskali Mondy N. J. 1971; Sinden S. L. 1984. Pogorszenie smaku zaobserwowali oni przy zawartości 12-14 mg/100 g św. masy. Spożycie ziemniaka z nadmierną zawartością tych szkodliwych związków może powodować uszkodzenie przewodu pokarmowego i układu nerwowego [Maga J. A. 1980; Kuc J. A. 1976, Tingey W. M. 1984; Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1997].

Na temat wpływu nawożenia magnezem na zawartość w bulwach glikoalkaloidów opinie badaczy są bardzo sprzeczne.

W literaturze ujemny wpływ działania nawożenia magnezem na zawartość solaniny - co jest zgodne z wynikami badań własnych - wykazali Evans D., Mondy N. J. 1984. Natomiast w badaniach Rogozińska I., Wojdyła T. 1990; Rogozińska I. 1991 użyty do nawożenia siarczan magnezu powodował spadek zawartości solaniny w bulwach kilku odmian ziemniaków jadalnych. Jednak ci sami autorzy prowadząc badania w następnych latach na innych odmianach nie uzyskali istotnego, pozytywnego działania magnezu a wyniki opublikowano w 1993 roku i dotyczą pozycji literaturowej [97].

Należy również podkreślić, że w badaniach własnych zawartość solaniny była najwyższa w bulwach pochodzących z obiektów, gdzie dawkę dzielono na dolistną i doglebową. Potwierdzenia takiego rezultatu, można doszukać się jedynie we wcześniejszych pracach Müllera K., natomiast brak jest informacji a więc badań nad skutkami nawożenia dolistnego na koncentrację TGA w ostatnim dziesięcioleciu.

W przeciwieństwie do sprzecznych doniesień na temat wpływu nawożenia magnezem na zawartość solaniny w bulwach ziemniaków badanych bezpośrednio po zbiorach, co do wpływu przechowywania na tą zawartość, wszyscy badacze są zgodni. Ich zdaniem długotrwały okres przechowywania powoduje zawsze wzrost glikoalkaloidów [Adler G. 1971; Mcmillan M., Thompson J.C. 1979; Ahmed S.S., Müller K. 1981; Evans D., Monday N.J. 1984; Sinden S.L. 1984; Love S. L. i in. 1994; Wünsh A., Munzert M. 1994; Frydecka-Mazurczy A., Zgórska K. 1997; Rogozińska I., Wojdyła T. 1993, 1999], co jest zgodne z wynikami badań

własnych. Na zawartość tych związków wg. Love S.L. i in.1994 wpływ ma głównie temperatura przechowywania i światło.

Mimo negatywnego działania nawożenia w badaniach własnych bulwy, nie osiągnęły zawartości, które powodowałyby ujemne skutki smakowe czy zdrowotne. Przyczyny takiego stanu rzeczy mogą być różne. Można ich upatrywać we wpływie nawożenia magnezem na podniesienie zdrowotności bulw, gdyż wówczas takie bulwy są bardziej odporne na uszkodzenia mechaniczne, na które narażone są podczas załadunku, sortowania, rozładunku i transportu.

Według Maga J. A. 1980; Ahmed S. S., Müller K. 1981; Frydecka-Mazurczy A., Zgórska K. 1997; Rogozińska I., Wojdyła T 1999 uszkodzenia mechaniczne wywołują reakcję obronną u bulw poprzez wytwarzanie większej ilości solaniny. Nie można pominąć też faktu, że zawartość tego związku determinowana jest przez genotyp [Maga J. A. 1980; Sinden S. L. 1984; Wünsch A., Munzert M. 1994; Frydecka-Mazurczy A., Zgórska K. 1997; Rogozińska I., Wojdyła T. 1999]. Każda więc z odmian może mieć inne skłonności do gromadzenia tego związku, a do badań użyto odmianę MILA, która według Mazurczyka W. 1988 zalicza się do odmian o niskiej zawartości tego składnika..

Drugim szkodliwym związkiem naturalnie występującym w produktach roślinnych są azotany. Powodują one w organizmie przemianę hemoglobiny w methemoglobinę, czego następstwem jest zmniejszenie zaopatrzenia tkanek w tlen za [Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1996]. Toksyczność azotanów dla organizmu człowieka jest niewielka, ale pod wpływem flory bakteryjnej żołądka mogą one ulegać redukcji do azotynów, mogących przechodzić w rakotwórcze nitrozoaminy [Młodecki H., Piekarski L. 1987; Leszczyński W. 1994].

Ministerstwo Zdrowia i Opieki Społecznej rozporządzeniem z dnia 8.10.1993 roku ustaliło graniczną dopuszczalną zawartość azotanów w bulwach ziemniaka na 250 mg/kg św. masy. Obecność ich w roślinach związana jest z przemianą azotu w aminokwasy i białko. Zwiększenie ilości azotanów spowodowane jest najczęściej intensywnym nawożeniem azotem, nieprawidłową agrotechniką i warunkami meteorologicznymi [Mazur T., Krefft L. 1983; Cieślik E. i in. 1990; Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1996].

W badaniach własnych wpływ pogody ujawnił się w roku 1995, kiedy to osiągnięto zawartość azotanów nawet nieco powyżej dopuszczalnej normy [257,5

mg/kg św. masy], Rok ten charakteryzował się dostateczną ilością wilgoci w pierwszym okresie wegetacji, natomiast w lipcu i sierpniu zanotowano wysokie temperatury i niską wilgotność. Podobne obserwacje nad wpływem warunków pogody w okresie wegetacji roślin zaobserwowali Gislason J. I in. 1984; Międzybrodzka A. i in. 1992; Fargasowa A. 1994; Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1996.

Zastosowane dawki nawożenia magnezem w sposób istotny obniżały zawartość azotanów w bulwach ziemniaka, a najbardziej korzystna okazała się dawka 50 kg MO·ha^{-1}. Dzielenie dawki na dolistną i doglebową nie miało większego znaczenia. Podobne wyniki otrzymały Cieślik E. i in 1990. Autorki wykazały, że bulwy ziemniaka z uprawy na glebie zasobnej w fosfor, potas i magnez zawierają mniej azotanów, niż z gleby ubogiej w te składniki. Odmienne wyniki uzyskały Rogozińska I. i in. 1996; Rogozińska I. i in. 1999, gdyż w prowadzonych badaniach zwiększające się dawki nawożenia magnezem zastosowanym doglebowego i dolistnie [30, 60 kg MgO·ha^{-1}] spowodowały wzrost azotanów w bulwach badanych odmian [wczesne, bardzo późne], uprawianych na glebach raczej ubogich w składniki pokarmowe.

Przechowywanie w sposób jednoznaczny we wszystkich latach powodowało obniżenie w bulwach odmiany 'MILA' zawartości azotanów średnio o 23,%. Fargasowa A. 1994 w wyniku przechowywania bulw zanotowała również spadek azotanów aż o 55%. Natomiast Rogozińska I. i in. 1996, 1999 uzyskali ten spadek na poziomie 20,9% i 23,% przy nawożeniu doglebowym oraz 15,7% i 15,8% przy nawożeniu dolistnym. Natomiast o niewielkich zmianach zawartości azotanów w trakcie przechowywania donoszą w swoich pracach między innymi Augustin J. i in. 1977; Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1996.

Jeśli dla oceny jakości ziemniaka przyjmiemy jako główne kryterium zawartość w bulwie wielu składników i ich wzajemne współdziałanie - co przy złożonym składzie ziemniaka jest sprawą oczywistą - to dla wartości odżywczej za punkt wyjścia należy przyjąć jaka jest zawartość oraz dzienne spożycie składników szkodliwych [azotany i solanina], energetycznych [białko] oraz biofaktorów [witaminy, niezbędne pierwiastki]. Wymienione wyżej składniki mogą oddziaływać na zdrowie konsumenta.

Dlatego w pracy podjęto próbę określenia, czy i w jakim stopniu spożycie 300 g ziemniaka na dobę można pokryć zapotrzebowanie organizmu na składniki pozytywne, oraz czy nie przekracza się normy spożycia składników szkodliwych, a ilustruje to tabela 31. W zestawieniu tym za sprawę priorytetową – ze względów całkowicie oczywistych – uwzględniono, jaki wpływ na ten proces miało nawożenie magnezem.

Porównując otrzymane dane z normami uwzględniającymi potrzeby pokarmowe człowieka, okazało się, że ziemniak nawożony magnezem w krótkim czasie po zbiorze może całkowicie pokryć normę zapotrzebowania na witaminę C, a po przechowywaniu w 86,4%. Należy jednak wziąć pod uwagę straty, z jakimi mamy do czynienia w trakcie nie tylko przechowywania, ale także obróbki kulinarnej.

Najwyższe, przyjęte w doświadczeniu własnym dawki Mg przyczyniły się do takiej zawartości tego pierwiastka w bulwie ziemniaka, która przy spożyciu 300 ich gram, zaspakaja dzienne zapotrzebowanie organizmu w 20%. Natomiast warto zwrócić uwagę, że bulwy nie nawożone zaspakajają to zapotrzebowanie tylko w 10%. Podobna sytuacja ma miejsce po długotrwałym okresie przechowywania. W obróbce kulinarnej zawartość tego pierwiastka nie zmienia się.

Pokrycie dziennego zapotrzebowania człowieka na białko po skonsumowaniu 300g bulw ziemniaka wynosi 13,8% i jest o 3% wyższe, niż dla bulw nie nawożonych. Biorąc pod uwagę wysoką wartość biologiczną białka ziemniaka oraz jednocześnie generalnie niską w nim jego zawartość, należy wzrost ten uznać za bardzo korzystny.

Rozpatrując wymagania norm określających górne granice dopuszczalności związków szkodliwych w żywności w materiale badawczym nie stwierdzono ich przekroczenia, a wręcz przeciwnie obniżenie spożycia średnio o 14,4% związków azotanowych.

Magnez zwiększając zawartość solaniny w bulwach ziemniaka, zwiększa automatycznie jej spożycie średnio o 18,7% w stosunku do prób nie nawożonych. Należy jednak zaznaczyć, że składnik ten również zostaje częściowo wyeliminowany w obróbce kulinarnej.

W literaturze, nie spotkano takich wyliczeń, a okazuje się, że tak popularny w Polsce produkt jakim jest ziemniak przy prawidłowym jego nawożeniu stanowić

może źródło cennych substancji odżywczych i jest on pod tym względem zbyt mało doceniany.

Dzienne spożycie składników przy ich średniej zawartości z trzech lat badań [dla 300 g]

Tabela 31

Dawka MgO kg·ha^{-1}	WITAMINA C				BIAŁKO				MAGNEZ			
	Zawartość mg% św.m.		Spożycie mg/dzień		Zawartość % św.m		Spożycie g/dzień		Zawartość % s.m.		Spożycie mg/dzień	
	Po zbiorze	Po przech.	Po zbiorze	Po przech.	Po zbiorze	Po przech.	Po zbiorze	Po przech.	Po zbiorze	Po przech.	Po zbiorze	Po Przech.
0	19,8	13,7	59,4	41,1	1,81	1,87	5,4	5,6	0,112	0,112	34	34
15	20,9	13,5	62,7	40,5	2,04	2,03	6,1	6,1	0,135	0,135	41	41
35	20,8	13,9	62,4	41,7	2,18	2,19	6,5	6,6	0,142	0,142	43	43
35+15	21,9	14,4	65,7	43,2	2,30	2,29	6,9	6,9	0,166	0,166	50	50
70	21,7	14,3	65,1	42,9	2,02	2,01	6,1	6,0	0,159	0,157	48	48
70+15	22,3	14,4	66,9	43,2	2,03	2,02	6,1	6,0	0,174	0,174	52	52

Dawka MgO kg·ha^{-1}	AZOTANY				SOLANINA			
	Zawartość mg/kg św.m.		Spożycie mg/dzień		Zawartość mg/100g św.m		Spożycie mg/dzień	
	Po zbiorze	Po przech.	Po zbiorze	Po przech.	Po zbiorze	Po przech.	Po zbiorze	Po przech.
0	218,7	154,4	65,6	46,3	5,2	6,7	15,6	20,1
15	208,0	152,9	62,4	45,9	5,9	7,0	17,7	21,0
35	194,2	146,4	57,7	43,9	5,6	7,3	16,8	21,9
35+15	184,8	133,6	55,4	40,1	5,9	7,2	17,7	21,6
70	203,5	164,8	61,1	49,4	6,4	8,0	19,2	24,0
70+15	193,5	161,2	58,1	48,4	6,6	7,2	19,8	21,6

Dzienne zapotrzebowanie organizmu : Witamina C -50 mg/dzień
Białko - 50 g/dzień
Magnez - 300 mg/dzień

Dopuszczalna norma spożycia: Azotany - 250 mg/dzień
Solanina - 3 – 5 mg/kg masy ciała.

6.WNIOSKI

Uzyskane wyniki badań pozwalają na sformułowanie następujących wniosków :

1. Nawożenie magnezem powodowało istotny prawie, że proporcjonalny do zwiększanych dawek Mg wzrost plonu ogólnego i plonu skrobi, które przy najwyższej dawce wynosiły odpowiednio : 287,8 dt·ha^{-1} i 44,2 dt·ha^{-1} [$\bar{x}$ z trzech lat].
2. Na wartość odżywczą odmiany 'MILA' najkorzystniejszą okazała się dawka 50 kg MgO·ha^{-1}, przy której bulwy osiągnęły najwyższą zawartość witaminy C, białka właściwego i magnezu.
   - ❖ Tak uzyskane rezultaty pozwalają przy dziennym spożyciu 300 g ziemniaków na pokrycie dziennego zapotrzebowania na witaminę C w 100%, na białko w 14% i na magnez w 20%.
3. Zawartość niepożądanych a wręcz szkodliwych związków : solaniny i azotanów, kształtowała się pod wpływem wzrastających dawek nawożenia magnezem odmiennie. Wzrastała istotnie zawartość solaniny, a malała zawartość azotanów.
   - ❖ Koncentracja obu tych związków odbiegała pozytywnie od dolnej granicy wyznaczonej przez obowiązujące normy żywieniowe.
4. Najkorzystniejsze podniesienie jakości badanej odmiany – jako surowca – do przetwórstwa uzyskano przy dawce 70 kg MgO·ha^{-1}.
   - ❖ Przy tej dawce uzyskano najniższą koncentrację kwasu chlorogenowego i najwyższą kwasu cytrynowego, co ograniczyło lub wręcz zapobiegało ciemnieniu miąższu bulw surowych i ugotowanych.
5. Otrzymane w wyniku obróbki technologicznej [w skali laboratoryjnej] frytki i czipsy, były najlepsze przy wykorzystaniu bulw ziemniaków nawożonych dawką 85 kg MgO·ha^{-1}.
   - ❖ Wpływ na to miała uzyskana korzystna zawartość suchej masy i cukrów redukujących.

6. Przechowywanie bulw ziemniaków [6 miesięcy, temp. 6°C, wilgotność względna powietrza 95%] w sposób istotny spowodowało spadek ich wartości odżywczej, przydatność do obróbki termicznej, a te niekorzystne zmiany były w znacznym stopniu ograniczone poprzez nawożenie.
   - ❖ Spożycie 300 g ziemniaków wiosną pokrywa zapotrzebowanie na witaminę C w około 85%, na białko w 14% i na magnez w 20%, przy tej samej co po zbiorze dawce.
7. Udowodniony, istotnie korzystny wpływ nawożenia magnezem na oznaczany skład chemiczny bulw ziemniaka, który modyfikuje ich jakość, wskazuje na wysokie zapotrzebowanie pokarmowe tej rośliny na magnez, przy średniej jego zawartości w glebie.

7. SPIS LITERATURY

1. Addiscot T.M. [1974] : Potasium and the distribution of calcium and magnesium in potato plants Journal Food Agric. 25, s. 1173-1183.
2. Adler G. [1971] : Kartoffeln und Kartoffelerzeugnisse. Paul Parey, Berlin.
3. Ahmed S.S., Müller K. [1981] : Einfluss von Lagerzeit, Licht und Temperatur auf den Solanin – und α Chaconingehalt mit und ohne Keimhemmungs – mittel behandelter. Potato Res. nr.24, s.93-99.
4. Amberger A., Schaller K. [1974] : Einfluss von Sorte und Lagertemperatur auf die an der enzymatischen Verfärbung der Kartoffelknolle beteitinge Inhaltsstoffe. Z. Lebensm. Unters - ú Forsch. t.156, s.231-336.
5. Augustin J., Mac Dole R.E., Painter G.C. [1977] : Infuence of fertilizer, nitrogen and storage treatment on nitrate content of potato tubers.- Am. Potato Journal. 54, s.125-136.
6. Baryłko-Pikielna N., Tyszkiewicz S. [1991] : Chemiczne skażenie żywności. Stan i źródła. Ekspertyza. Komitet Technologii i Chemii Żywności PAN. Warszawa.
7. Beca J., Mica B. [1979] : Der Einfluss einer unterschiedlichen Düngung auf den Gehalt an Zitronensäure in Kartoffelknollen. Potato Res. 22, s.353-356.
8. Birecki M. [1967] : Ziemniaki. PWRiL Warszawa., s. 342.
9. Borek-Wojciechowska R. [2000] : Znaczenie witaminy C dla organizmu człowieka. Przem. Spoż. T.54, s. 23-24.
10. Budsławski., Drabent Z. [1972] : Metody analizy żywności. WNT Warszawa., wyd. II.
11. Burton W.G. [1982] : Post-harvest physiology of food crops. Chapman and Hall Ltd. London.
12. Ciećko Z., Mazur T. [1974] : Nawożenie azotem ziemniaków odmiany Flisak. Cz. I. Wpływ wzrastającego nawożenia azotowego na plon i skład chemiczny. Zesz. Nauk. ART Olsztyn, nr 7, s.151-157.
13. Ciećko Z., Gawlik T., Żołnowski A. [1994] : Wymagania pokarmowe i potrzeby nawozowe roślin . ART Olsztyn, ODR w Gdańsku.

14. Ciećko Z., Żołnowski A. [1999] : Oddziaływanie nawożenia mineralnego na cechy kulinarne ziemniaka odmiany MILA. Konf. Nauk. Radzików 23-25.02.1999. Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość s. 123-126.
15. Cieślik E., Międzybrodzka A., Sikora E. [1990] : Zawartość azotanów i azotynów w ziemniakach uprawianych w różnych warunkach. Przem. Spożywczy. t. 44, (2-3/90), s.65-66.
16. Cieślik E. [1992] : Zmiany azotanów i azotynów podczas obróbki kulinarnej ziemniaków. Przem. Spożywczy., t. 46, (10/92), s. 266-267.
17. Czuba R. [1996] : Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Zasady stosowania nawozów mineralnych na gruntach ornych. Wydawnictwo Zakłady Chemiczne "POLICE"., s. 85-174.
18. Dambroth M. [1976] : Die Qualität von Kartoffeln und Möglichkeiten zu ihrer weiteren Verbesserung, Ber. Ldw. 54, s.57-72
19. Evans D., Monday N.J. [1984] : Effect of magnesium fertilization on glycoalkaloid formation in potato tubers., Journal Agric. Food Chem. 32, s. 465-466.
20. Fargasowa A. [1994] : The effect of the environment storage on nitrate content in various potato cultivars from two localities- Biologia 49, s.917-922.
21. Filipek T., Badora A. [1995] : Ocena zasobności gleb i odżywiania roślin magnezem w warunkach silnego zakwaszenia. Magnez w środowisku człowieka. IV Ogól. Symp. Magnez., Lublin., s.105.
22. Fotyma M., Grześkiewicz H. [1979] : Wpływ nawożenia azotem i fosforem na plon i zawartość skrobi ziemniaków odmiany Nysa. Ziemniak, s.157-181.
23. Fotyma M. [1985] : Podstawy mineralnego żywienia ziemniaka. Biologia ziemniaka. Praca zbiorowa pod red. Gabriela W. s. 134-154.
24. Fotyma M., Mercik S. [1992] : Chemia Rolna. Wyd. Nauk. PWN Warszawa., s.261-265; 298-302.
25. Friedman M., Dao L. [1992] : Distribution of glycoalkaloids in Potato plants commercial Potato products. Journal Agric. Food Chem. t.40, nr.3, s.419-423.

26. Frydecka-Mazurczyk A. [1979] : Oddychanie oraz związane z nim zmiany biochemiczne w czasie wzrostu i przechowywania bulw ziemniaka., Praca doktorska., Instytut Ziemniaka Bonin.
27. Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. [1996] : Czynniki wpływające na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 47, s.111-125.
28. Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. [1997] : Zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. Ziemniak Polski 4, s.10-12.
29. Giroux M. [1986] : Effects des doses et desmodes d'apport du magnesium en relation avec la fumure K de la pomme de terre. Naturaliste-Lonadieu, nr113: 2, s,135-142.
30. Gislason J., Danle H.K., Raaerug R., Roer L., Ronsen K. [1984] : Nitrare in potatoes. The effect of fertilization and storage on the nitrate content in 5 genotypes grown in widely separated localities. Potato Res. 27, s.331-337.
31. Horubała A. [1988] : Ziemniak jako surowiec dla przemysłu i konsumpcji. Przem. Spożywczy 5, s.131-135.
32. Horneburg B., Wirsing F. [1995] : Einfluss von Düngung und Beregnung auf die Ausprägung von Schwarzfleckigkeit. Kartoffelbau 46. Jg. (8), s. 318-320.
33. Hughes J.C. [1974] : Factors influencing the quality of ware potatoes. Environmental factors. Pottato Res. 17, s. 512-547.
34. Hundt I., Kerschberger M. [1991] : Magnesium und Pflanzenwachstum. Kali-Briefe (Buntenhof) 20 (78), s.539-552.
35. Iritani W.M., Pettibone A.C., Weller L. [1977] : Relationship of relative maturity and storage temperatures to weight loss of potatoes in storage. Am. Potato Journal 54, 7, s.305-314.
36. Jabłoński K. [1997] : Nawożenie ziemniaka. Fundacja "Rozwój SGGW" Warszawa, s.1-98.
37. Jabłoński K. [1998] : WUXAL w dolistnym nawożeniu ziemniaków. Ziemniak Polski 2, s.19-25.
38. Jaśkowski Z. [1971] : Badania przyczyn żółknienia zbóż na bardzo kwaśnych glebach lekkich Cz. II, Wpływ nawożenia magnezowego Pam. Puł. nr. 50, s. 95-115.
39. Jaśkowski Z. [1977] : Potrzeby nawożenia magnezem gleb piaskowych IUNG, Puławy., R(130), s. 134-138.

40. Kaniuszek I. [1995] : Magnez przyswajalny w glebach centralnej części obniżenia podkarpackiego. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. nr. 421a, Kraków, s.181-191.
41. Kubicki K. [1988] : Biologiczne i techniczne uwarunkowania przechowywania ziemniaków. PWN Warszawa.
42. Kuc J.A. [1976] : Phytoalexins Solanaceae. (W:) Encyklopedia of plant physiology. Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York T.4, s. 638-641.
43. Kunsh U., Schärer H., Temperli A. [1981] : Eine Schnellmethode zur Bestimmung von Nitrat in Frischgemüsen mit Hilfe der ionensensitiven Elektrode. [In:] Mitt. der Eidgenossischen Forschungsanstalt für Obst-Wein- und Gartenbau Wadenswill Schweiz. Flugschrift 46.
44. Lehmann K. [1973] : Działanie różnych form azotu i magnezu na plony ziemniaków oraz zawartość składników pokarmowych. Roczn. Nauk Roln. s.A, t.99, z.2, s.73-82.
45. Leppack E. [1995] : Zur Schwarzfleckigkeit von Kartoffelknollen. Kartoffelbau, 46. Jg.(6), s. 236-241.
46. Leszczyński W. [1994] : Ziemniak jako produkt spożywczy. Post. Nauk Roln. nr. 1, s.15-29.
47. Leszczyński W. [1994] : Wpływ czynników działających w okresie wegetacji ziemniaka na jego jakość. Post. Nauk Roln. nr. 6, s.53-68.
48. Lisińska G. [1981] : Wpływ zróżnicowanych czynników na skład chemiczny ziemniaka i jakość otrzymanych z nich czipsów. Zesz. Nauk. AR Wrocław, nr. 31, s. 5-45.
49. Lisińska G., Leszczyński W. [1989] : Potato Science and Technology. Elsevier Applied Science. London and New York.
50. Lisińska G. [1994] : Ziemniak jako surowiec dla przemysłu spożywczego. Post. Nauk Roln. nr. 1, s.32-40.
51. Lisińska G., Rutkowski A. [1999] : Czipsy ziemniaczane. Przem. Spożywczy. t.53, [1/99], s. 42-50.
52. Lipiński W., Bednarek W. [1996] : Wzajemne zależności fosforu i magnezu w agrosystemie. V Polskie Sympozjum Magnezologiczne 16-17 IX. Warszawa.

53. Love S. L., Herrman T. J., Thompson-Johns A., Baker T. P. [1994] : Effect of interaction of crop management factors on the glycoalkaloid concentration of potato tubers. Potato Res. 37, s. 77-85.
54. Maga J. A. [1980] : Potato glycoalkaloids. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 12, s.371-405.
55. Magnicki K. [1970] : Nawozy magnezowe. PWRiL, Warszawa, s. 46-49.
56. Malińska H. [1984] : Zawartość magnezu w glebach i potrzeby nawożenia magnezem. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 285, s. 81-99.
57. Mapson L.W., Swain T., Tomalin A.W. [1963] : Influence of variety, cultural conditions and temperature of storage on enzymic browning of potato tubers. Journal of the scien. of Food and Agriculture, t.14 [9], s. 673-682.
58. Mazur T., Frieske J. [1984] : Wpływ nawożenia obornikiem oraz wapniem, magnezem i mikroelementami na plon i skład chemiczny sześciu odmian ziemniaka. Zesz. Nauk. ART. Olsztyn, Rolnictwo nr. 40, s.65-77.
59. Mazur T., Gawlik T. [1977] : Wpływ dawki i rodzaju nawozu azotowego na plon oraz cechy jakości wczesnych odmian ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. nr. 20, s.61-81.
60. Mazur T., Krefft L. [1983] : Zawartość związków azotowych w bulwach pięciu odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem w rejonie Olsztyna. Biul. Inst. Ziemn. nr.11, s.120-128.
61. Mazur K., Mazur T., Mazgaj M. [1983] : Wpływ dawki azotu, stosunku N:P:K i dodatku mikroelementów na zawartość aminokwasów i witaminy C w ziemniakach. Rocz. Gleb., T.XXXIV, 4, s. 69-79.
62. Mazur T., Krefft L. [1991] : Wpływ różnych poziomów nawożenia azotem, potasem i magnezem na plon oraz zawartość skrobi i białka w bulwach dwóch odmian ziemniaków. Zesz. Nauk. ART. Olsztyn, nr. 53, s.181-188.
63. Mazurczyk W. [1988] : Zmiany zawartości glikoalkaloidów w dojrzałych bulwach ziemniaka, zależne od odmiany oraz wybranych czynników agrotechnicznych. Ziemniak, s.29-41.
64. Mazza G., [1983] : Correlations between quality parameters of potatoes during growth and long – term storage. Am. Potato Journal 60, nr. 3, s.145-159.

65. Mcmillan M., Thompson J.C. [1979] : An outbreak of suspected solanine poisoning in schoolboys. Q.Journal Med. 48, s. 227-243.
66. Międzybrodzka A. Cieślik E., Sikora E. [1992] : The effect of environment conditions on the level of nitrates and nitrites in various varieties potato. Polish Journal Food Nutrition Sci. 4, s. 45-56.
67. Mica B., Vokal B. [1993] : Einfluss von magnesium und Calcium auf Ertrag und beteutende Inhaltsstoffe von Kartoffelknollen. Potato Res. 26., s. 383-391.
68. Miller M. [1996] : Gentransfer und Schwarzfleckigkeit. Kartoffelbau, 47. Jg. (6), s. 234-236.
69. Mondy N.J. [1971] : Potato Flavor as related to chemical composition. Polyphenols and escorbic acid. Journal Food Sci. 36, s. 459-461.
70. Mondy N.J., Pannampalam R. [1986] : Potato quality as affected by source of magnesium fertilizer nitrogen, minerals and ascorbic acid. Journal Food Sci. 51., s. 352-354
71. Młodecki H., Piekarski L. [1987] : Zagadnienia zdrowej żywności. PZWL, Warszawa, s.236.
72. Müller K. [1975] : Kennzeichnung des Vegetation - und Lagerungsverlaufes der Kartoffel. Der Kartoffelbau 6, [26], s.5-6.
73. Müller K. [1986] : The effect of foliar fertilization on the yield and qality of diffrent crops. Foliar Fertilization. Ed.A.Alexander, M. Nijheff Pub., Dordrecht, s.434-452.
74. Müller K. [1988] : Zur Frage der Kalidüngung zu Kartoffeln. Kartoffelbau 3, Sonderdruck.
75. Nowacki W. [1999] : Uwarunkowania techniczno-ekonomiczne i rynkowe produkcji i przechowalnictwa ziemniaka jadalnego w Polsce. Konf. Nauk. Radzików 23-25.02.1999. Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość s. 7-8.
76. Ochał J., Myszka A. [1984] : Poziom magnezu i równowaga kationowa w liściach ziemniaka na tle równowagi kationowej kompleksu sorpcyjnego gleby. Pam. Puł. Zesz.2, s. 161-177.
77. Paprocki S., Kołpak R. [1988] : Badania nad dostosowaniem technologii uprawy do kierunku użytkowania ziemniaków. Cz. II. Wpływ technologii

uprawy na skład chemiczny i wartość spożywczą. Rocz. Nauk Roln., T. 107, z. 3, s. 93-107.

78. Pawelzik E., Delgado E. [1999] : Wirkung von Trockenstress auf die Verfärbungsneigung von Kartoffelknollen. Kartofellbau 50. Jg. (9/10), s. 358-360.
79. Pęksa A. [1994] : Wpływ czynników uprawowych i warunków przechowywania ziemniaka na skład chemiczny bulw i jakość otrzymanych z nich czipsów. Zesz. Nauk. AR Wrocław nr. 244., s. 9-27.
80. Putz B., Berthaller W. [1983] : Proceedings of the 8-th. Triennial Conference of the E.A.P.R. Abstract.
81. Putz B., Kempf W. [1983] : Herstellung und Qualitätsbeurteilung von Pommes frites. Der Kartoffelbau 34. Jg.(7), s. 239-247.
82. Putz B. [1995] : Derzeitiger Wissenstand zu Blau-und Schwarzfleckigkeit b.z.w. Beschädigungen. Kartoffelbau 46. Jg. (7), s.284-286.
83. Reda S., Łojkowska E., Jastrzębska Z.. [1993] : Wpływ nawożenia azotem na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. nr. 42, s. 29-37.
84. Reust W., Ryster P. [1987] : Etude des causes du deperissement prčcore des fanes de pommes de terre ŕ l'aide d'analyses des člčments N,P,K,Ca et Mg dans les Feuilles et tubercules. Recherche agronom. en Suisse 26(1/2), s.119-129.
85. Rogozińska I. [1983] : Wpływ nawożenia azotem i warunków przechowywania na kształtowanie się zawartości witaminy C w ziemniakach jadalnych. Biul. Inst. Ziemn. 28, s. 61-71.
86. Rogozińska I. [1985] : Einfluss von Stickstoffdüngung und Lagerungsart auf Stärkegehalt und - qualität von Speisekartoffeln. Kartoffelbau, 9, s. 340-342.
87. Rogozińska I., Hippe J., Müller K. [1986] : Einfluss der Langzeitlagerung unt einer kontrollierten Stossbeschädigung mit anschliessender Kurzzeitlagerung auf den Gehalt an phenolischen Säuren in Knollen verschiedener Kartoffelsorten. Potato Res. V.29, nr.2, s. 239-244.
88. Rogozińska I. [1987] : Wpływ nawożenia azotowego i warunków przechowywania na skład chemiczny oraz wartość konsumpcyjną i użytkową bulw różnych odmian ziemniaków. Roz. hab., 23.

89. Rogozińska I. [1989] : Problemy przechowalnictwa i przetwórstwa ziemniaków. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. z.380, s.225-231.
90. Rogozińska I. [1990] : Empfehlungen im Rahmen der Anwendung von Mineraldüngung zur Erzielung einer guten Qualität der Kartoffelernte. E.A.P.R. Abstracts - Edinburg 8-13 July., s.486-487.
91. Rogozińska I., Wojdyła T. [1990] : Einfluss der Magnesiumdüngung auf die Gütemerkmale der Kartoffelknollen. E.A.P.R. Abstracts - Edinburg 8-13 July., s.230-231.
92. Rogozińska I. [1991] : Einfluss der Magnesiumdüngung auf die Gütemerkmale der Kartoffel. Kartoffelbau 42 z. 6., s.257-259
93. Rogozińska I., Pińska M. [1991] : Einfluss steigender Stickstoff und Kalidüngung auf qualitätsbestimmende Parameter von Speisekartoffeln vor und nach Mietenlagerung. Potato Res., 34, s. 139-148.
94. Rogozińska I., Wojdyła T. [1991] : Wpływ intensywnego nawożenia mineralnego na wartość użytkową i przechowalnicza bulw ziemniaka przemysłowego. Zesz. Nauk. AR Kraków, 2.34(262), s.251-258.
95. Rogozińska I. [1993] : Die Rolle des Magnesiums bei der Kartoffeldüngung. E.A.P.R. Abstracts - Paris 18-23 July., s.55-56.
96. Rogozińska I., Wojdyła T. [1993] : Der Einfluss der Mineraldüngung auf die Bildung des Solanin in den Kartoffelknollen. E.A.P.R. Abstracts - Paris 18-23 July., s.459-460.
97. Rogozińska I., Wojdyła T. [1993] : Rola azotu i magnezu w kształtowaniu plonów i jakości ziemniaka. Zesz. Nauk. AR Kraków nr 278, s.317-329.
98. Rogozińska I., Pińska M. [1995] : Wpływ nawożenia mineralnego na wartość technologiczną i przechowalniczą bulw ziemniaka jadalnego. XXIV Sesja Nauk. "Jakość żywności – uwarunkowania surowcowe i technologiczne" s. 200-206.
99. Rogozińska I., Pińska M., Wojdyła T., Grajewski J., Wszelaczyńska E. [1995] : Field experiments on balanced potassium and magnesium fertilization of potatoes. Inter. Fertilizer correspon. Vol. XXXVI.
100. Rogozińska I., Wojdyła T. [1996] : The effect of mineralfertilization on the vitamin C content in potato tubers. 13th Trien. Conf. E.A.P.R., 14-16 July, Abstracts, s. 216.

101. Rogozińska I., Wojdyła T., Wszelaczyńska E., Pińska M. [1996] : Rola nawożenia mineralnego w kształtowaniu się azotanów w bulwach ziemniaków. Zesz. Prob. Post. Nauk Rolniczych nr 440, s.301-307.
102. Rogozińska I., Pińska M. [1999] : Relationship between optimum yield and quality of table potato tubers. Zesz. Nauk. 22 —Rolnictwo 44, s. 241249.
103. Rogozińska I, Wojdyła T. [1999] : Der Einfluss variierter Düngung, einer Pflanzenschutzmittel-Anwendung und der Lagerung auf den Glykoalkaloid-Gehalt in Kartoffelknollen zweier Sorten. Potato Res. 42, s. 79-88.
104. Rogozińska I., Wszelaczyńska E., Wojdyła T. [1999] : Wpływ zróżnicowanych rodzajów i sposobów nawożenia magnezem na wartość odżywczą i użytkową bulw ziemniaków jadalnych. Biul. Magnezologiczny, T.4, nr.2, s. 400-405.
105. Ross H., Pasemann P., Nitsche W. [1978] : Der Glycoalkaloidgehalt von Kartoffelsorten in seiner Abhängigkeit von anbauort – jahr und seine Beziehung zum Geschmack. Zeitschrift für Pflanzenzüchtung 80, s. 67-79.
106. Roztropowicz S., Wierzejska A. [1986] : Wpływ naturalnych warunków wilgotnościowych na efektywność nawożenia potasem w uprawie ziemniaków. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. nr. 284, s. 347-356.
107. Roztropowicz S. [1989] : Środowiskowe, odmianowe i nawozowe źródła zmienności składu chemicznego bulw ziemniaka. Fragm. Agron. 6(6), s.33-75.
108. Roussel N., Jardin A. [1975] : La fumure minérale des batteravessucriéres. Rev. Agric., Bruxelles, 28, nr.5, s.1207-1227.
109. Rutkowska U., Iwanowa K., Chojnacka I., Nadolna I., Kunachowicz H. [1993] : Badania analityczne nad składem i wartością odżywczą racji pokarmowych Cz. II. Zawartość wapnia, fosforu, magnezu, żelaza i potasu. Żywienie Człowieka i Metabolizm, XX, 4, s. 328-350.
110. Rykaczewska K. [1999] : Wpływ dokarmiania roślin magnezem na zawartość tego pierwiastka w bulwach. Konf. Nauk. Radzików 23-25.02.1999. Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość s. 141-143.

111. Seidler M., Mamzer H. [1994] : Wpływ zróżnicowanego nawożenia magnezem na zawartość chlorofilu w liściach, natężenie fotosntezy oraz wielkość i struktury plonu kukurydzy. Biul. Magnez. nr. 5, s.32-35.
112. Sienkiewicz S. [1995] : Plon i cechy jakościowe ziemniaka w zależności od nawożenia magnezem. Magnez w środowisku człowieka. IV Ogól. Symp. Magnez., Lublin, s. 48.
113. Sinden S.L. [1984] : Genetic and environmental control of potato glycoalkaloids. Am. Potato Journal 61, s.141-156.
114. Somorowska K. [1976] : Wpływ wzrastających dawek nawozów mineralnych na jakość ziemniaków odmian Baca, Bolko, Osa, Warta. Biul. Inst. Ziemn. nr. 17, s.137-147.
115. Somorowska K. [1981] : Wpływ niektórych zabiegów agrotechnicznych na jakość plonu ziemniaków. Biul. Inst. Ziemn. nr. 25, s.111-123.
116. Sowa G. [1988] : Udział transpiracji bulw ziemniaka w powstawaniu ubytków naturalnych podczas przechowywania. Ziemniak., s.61-75.
117. Sparrow L.A., Salardini A.A., Bishop A.C. [1993] : Field studies of cadmium in potatoes [Solanum tuberosum L]) Effect of lime and phosphorus on cv. Russet Burbank. Aust. Journal Agric. Res. 44., s. 845-853.
118. Specht A. [1981] : Nicht bei niedrigen Temperaturen roden. Der Kartoffellbau 32., Jg.(8), s.268
119. Swiniarski E., Janicka J. [1980] : Zawartość glikoalkaloidów w liściach i bulwach odmian ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 24, s. 27-34
120. Szukalski H. [1979] : Mikroelementy w produkcji roślinnej. PWRiL, Warszawa., s.143-144.
121. Tabin S. [1974] : Wpływ nawożenia gleb magnezem i manganem na plon i jakość ziemniaków. Nowe Roln. nr. 3, s.8-9.
122. Talburt W.F., Smith O. [1975] : Potato processing. The Avi publishing Company, Westport, s. 443-446.
123. Tingey W.M. [1984] : Glycoalkaloids as pest resistance factors. Am. Potato Journal 61, s.157-168.
124. Trzecki S., Strasburger M. [1974] : Wstępne badania nad wpływem dolistnego dokarmiania roztworami mikroelementów na plon , skrobiowość i

wartość konsumpcyjną ziemniaków odmiany Dar. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. nr. 143, s.101-111.

125. Trzecki S. [1976] : Wpływ dolistnego dokarmiania łączonego ze środkami ochrony roślin na plon i skrobiowość ziemniaków. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. nr. 184, s.39-47.
126. Walter H. [1976] : Strefy roślinności a klimat. P.W.R.i L Warszawa, Diagramy klimatyczne, s. 26-30.
127. Welte E., Werner W. [1963] : Potassium-magnesium antagonism in soils and crops. Journal Sci. Food Agric. t.14, s.180-186.
128. Wieczer A., Gonczarik M. [1977] : Fizjologia i biochemia ziemniaka. PWRiL, Warszawa, s.73-80.
129. Winiger F.A., Ludwig J.W. [1974] : Methoden der Qualitätsbeurteilung bei Kartoffeln für den menschlichen Konsumption. Vol.17, s. 434-465.
130. Wojciechowska M., Baraniak B., Bubicz M. [1995] : Porównanie zawartości magnezu w koncentratach białkowych otrzymanych z soku różnych roślin. IV Ogól. Symp. Magnez., Lublin, s. 66.
131. Wojcieska-Wyskupajtys U. [1996] : Efekty dolistnego dokarmiania roślin w świetle referatów wygłoszonych na "Międzynarodowym Sympozjum dolistnego nawożenia" w Kairze. Post. Nauk Roln. nr. 5, s.123-127.
132. Wojdyła T. [1997] : Smakowitość bulw ziemniaka w zależności od zastosowanych fungicydów i nawożenia azotem. Fragmenta Agronomica (XIV) nr.4 (56)., s.4-16.
133. Woolfe J.A. [1987] : The Potato in the Human Diet. Cambridge Univ. Press. Cambridge.
134. Wünsch A., Munzert M. [1994] : Einfluss von Lagerung und Sorte auf die Verteilung der Glycoalkaloide in der Kartoffelknolle. Potato Res. 37, s. 3-10
135. Varis E. [1970] : Variation in the quality of table potato and the influencing it in Filand. Acta Agralia Fennica 118., s. 7-8.
136. Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. [1977] : Wpływ nawożenia azotowego i temperatury przechowywania na jakość bulw ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. nr. 20, s.90-130.
137. Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. [1979] : Czynniki warunkujące cechy jakości ziemniaka jadalnego. Ziemniak, s.183-206.

138. Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. [1981] : Wpływ wzrastających dawek nawożenia azotem i temperatury przechowywania na ubytki i zmiany zawartości niektórych składników chemicznych bulw ziemniaka 7 nowych odmian. Biul. Inst. Ziemn. nr. 25, s.75-94.

139. Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. [1982] : Wpływ warunków wegetacji i temperatury przechowywania na zmiany cech jakości 26 odmian ziemniaka. Biul. Inst. Ziemn. 28, s. 135-147.

140. Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. [1985] : Wpływ temperatury przechowywania i dojrzałości bulw na powstawanie ciemnej plamistości pouderzeniowej. Buil. Inst. Ziemn. 33, s. 109-121.

141. Zgórska K. [1989] : Biologiczne i ekologiczne czynniki warunkujące podatność bulw ziemniaka na powstawanie ciemnej plamistości pouszkodzeniowej. Roz. hab. Bonin.

142. Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. [1990] : Przydatność odmian bulw ziemniaka do przetwórstwa spożywczego. Biul. Inst. Ziemn. 31, s. 2-16.

143. Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. [1996] : Zmiany cech jakości ziemniaków jadalnych w czasie przechowywania. Ziemniak Polski 4, s.24-28.

144. Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. [1999] : Podatność odmian ziemniaka na ciemną plamistość pouszkodzeniową. Ziemn.Polski 3, s. 9-12.

Biblioteka Główna ATR
w Bydgoszczy
CZYT D196