

Katedra Botaniki i Fizjologii Roślin, Wydział Ogrodniczy, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
Al. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków  
e-mail: r.wojciechowska@ogr.ur.krakow.pl

RENATA WOJCIECHOWSKA, ANNA KOŁTON,  
STANISŁAW ROŻEK

**Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotowego  
na wybrane składniki chemiczne kapusty  
głowiastej białej ‘Galaxy F<sub>1</sub>’ po przechowywaniu**

The effect of different nitrogen fertilization on some chemical compounds  
in white cabbage ‘Galaxy F<sub>1</sub>’ after storage

**Streszczenie.** Praca obejmuje wyniki 3,5-letniego eksperymentu, prowadzonego w latach 2005–2008. Obiektem badań była kapusta głowiasta biała ‘Galaxy F<sub>1</sub>’. Celem było określenie, czy nawożenie siarczanem amonu oraz nawozem RSM sposobem rzutowym i zlokalizowanym może mieć istotny wpływ na zawartość wybranych składników chemicznych w liściach kapusty po okresie długotrwałego przechowywania. Kapustę zbierano w każdym roku w drugiej dekadzie października, główki przechowywano do połowy lutego następnego roku w komorze przechowalniczej, w której wilgotność względna wynosiła 95–98%, a temperatura 2°C. Uzyskane wyniki potwierdziły, że ‘Galaxy F<sub>1</sub>’ należy do odmian o bardzo dobrej zdolności przechowalniczej. Po okresie czteromiesięcznego przechowywania wahania zawartości cukrów rozpuszczalnych oraz suchej masy były niewielkie i nie stwierdzono wyraźnego ich związku z nawożeniem. Prawidłowością było podwyższenie poziomu związków fenolowych oraz wolnych aminokwasów po przechowywaniu. Istotnie większy wzrost zawartości wolnych aminokwasów stwierdzono wówczas w przypadku nawożenia kapusty siarczanem amonu. Tuż po zbiorze istotnie mniejszą zawartość tiocyjanianów wykazano w kapuście nawożonej RSM-em. Jednak poziom zawartości tych związków wzrósł po przechowywaniu główek o około 45%, niezależnie od sposobu aplikacji nawozu.

**Słowa kluczowe:** kapusta, przechowywanie, cukry rozpuszczalne, suma fenoli, wolne aminokwasy, tiocyjaniany

## WSTĘP

Produkcja kapusty w Polsce jest ciągle bardzo wysoka i sięga blisko 20% ogólnej powierzchni warzyw uprawianych w gruncie [Filipiak i Maciejczak 2008]. Dzięki m.in. możliwości długotrwałego przechowywania, warzywo to jest dostępne dla konsumenta praktycznie przez cały rok. Od lat wiele prac poświęca się związkom o charakterze prozdrowotnym, występującym w częściach użytkowych warzyw z rodziny *Brassicaceae*, takich jak glukozynolany, kwas askorbinowy czy związki fenolowe [Leja i in. 2005, Czapski 2009, Bjoerkman i in. 2011].

Biorąc pod uwagę czynniki uprawowe, które mogą istotnie modyfikować wartość biologiczną plonu, oraz aspekty związane z przyjazną środowisku produkcją ogrodnictw, na Wydziale Ogrodniczym UR w Krakowie podjęto badania nad określeniem wpływu nawożenia azotowego na wielkość i jakość plonu kapusty 'Galaxy F<sub>1</sub>' [Sady i in. 2008]. W doświadczeniu zastosowano nowoczesne metody nawożenia roślin, kierując się troską zarówno o poprawę parametrów jakościowych plonu, jak i o ograniczenie negatywnego wpływu nawożenia na środowisko. W nawożeniu wykorzystano siarczan amonu oraz RSM, płynną mieszaninę azotanu amonu i mocznika (w stosunku molowym 1 : 1), aplikując oba nawozy sposobem konwencjonalnym i zlokalizowanym. Uzyskane wyniki wykazały, że rodzaj nawozu miał większy wpływ na wartość biologiczną otrzymanego plonu niż na jego wielkość [Sady i in. 2008, 2010]. W przypadku sposobu aplikacji, nawożenie zlokalizowane w każdym roku wpłynęło na zwiększenie plonu kapusty w porównaniu z rzutowym. Prezentowane w niniejszej pracy badania są rozszerzeniem wyników przedstawionych przez Sady i in. [2010] i obejmują analizę wybranych wskaźników jakościowych po okresie długotrwałego przechowywania główek kapusty.

## MATERIAŁ I METODY

Kapustę 'Galaxy F<sub>1</sub>' uprawiano przez trzy lata (2005–2007) na polu gospodarstwa prywatnego w Zagórzycach. Analizowano dwa czynniki: rodzaj nawozu (siarczan amonu i roztwór saletrzano-mocznikowy RSM o stężeniu 30%) oraz metodę jego aplikacji (rzutowo i miejscowo). Dawka azotu podana w całości przedsięwzięcia wynosiła 120 kg N ha<sup>-1</sup>. Dokładny przebieg uprawy (zasobność gleby, rozstawa roślin, opis aplikacji nawozów) przedstawiono we wcześniejszych publikacjach [Sady i in. 2008, 2010].

Każdego roku kapustę zbierano w drugiej dekadzie października. Po sześć główek z każdego powtórzenia przeznaczano do oznaczeń wytypowanych parametrów jakości, a pozostałe główki przenoszono do przechowalni, gdzie w temperaturze 1–2°C oraz wilgotności względnej 95–98% przechowywano je do połowy lutego każdego następnego roku.

Po okresie przechowywania w kapuście oznaczano zawartość cukrów rozpuszczalnych metodą antronomą, sumę związków fenolowych z użyciem odczynnika Folina-Chicalteau, suchą masę metodą suszarkową w 105°C. Poziom tiocyjanianów oznaczono metodą Johnstona i Jonesa [1966], zawartość wolnych aminokwasów – według Korenmana [1973].

Wyniki poddano analizie statystycznej (ANOVA, program STATISTICA 9) z zastosowaniem testu NIR przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

Zawartość tiocyjanianów, wolnych aminokwasów i suchej masy okazała się zbliżona wielkością w kolejnych latach badań, dlatego wyniki przedstawiono jako średnie z trzech lat.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Wcześniejsze badania Sadego i in. [2010] wykazały, że tuż po zbiorze kapusta nawożona roztworem saletrzano-mocznikowym zawierała na ogół istotnie więcej cukrów rozpuszczalnych i związków fenolowych w porównaniu z nawożoną siarczanem amonu. Zależność ta nie była jednak tak jednoznaczna po okresie przechowywania główek (tab. 1 i 2). W przypadku cukrowców (tab. 1) jedynie w pierwszym roku badań było ich najwięcej w kapuście nawożonej RSM-em stosowanym sposobem konwencjonalnym. W pozostałych przypadkach zawartość cukrów była zbliżona lub też mniejsza w porównaniu z kapustą nawożoną siarczanem amonu. Średnie z lat wykazały wyrównany poziom cukrów w przechowywanej kapuście w każdej kombinacji doświadczenia oraz niewielki odsetek zmian w stosunku do zawartości tuż po zbiorze. Na ogół notuje się spadki poziomu cukrowców i suchej masy w plonie warzyw po długim okresie przechowywania, które są następstwem intensywnie przebiegających procesów oddechowych [Gajewski 2001, Wojciechowska i Rożek 2009]. Uzyskane wyniki świadczą zatem nie tylko o korzystnym wpływie warunków panujących w przechowalni na ograniczenie procesów oddechowych w główkach kapusty, ale także stanowią potwierdzenie, że odmianę ‘Galaxy F<sub>1</sub>’ cechuje bardzo dobra zdolność przechowalnicza. Procentowa zawartość suchej masy w liściach tej odmiany kapusty utrzymywała się podczas przechowywania na bardzo wyrównanym poziomie (tab. 3).

Tabela 1. Zawartość cukrów rozpuszczalnych w kapuście ‘Galaxy F<sub>1</sub>’ po okresie przechowywania w mg g<sup>-1</sup> świeżej masy oraz różnica w stosunku do wartości tuż po zbiorze [Sady i in. 2010]  
Table 1. Soluble sugars content in cabbage of ‘Galaxy F<sub>1</sub>’ after storage (mg g<sup>-1</sup> fresh weight) and the result of changes in relation to values after harvest

Rodzaj nawozu Nitrogen fertilizer	Sposób nawożenia Application method	Rok badań/Year of study			Średnie z lat Mean for the years
		2005–2006	2006–2007	2007–2008	
Siarczan amonu Ammonium sulphate	rzutowy broadcast	37,96 a <sup>*</sup> - 3,08	48,45 b 5,60	51,67 c 5,94	46,02 a 2,82
	zlokalizowany placement	46,60 b 2,43	48,18 b 4,42	45,24 a 3,84	46,67 a 3,56
RSM	rzutowy broadcast	51,81 c -1,00	44,71 a 1,10	48,99 b 4,14	48,50 a 1,41
	zlokalizowany placement	46,39 b -6,28	47,78 b 3,13	46,90 a 2,92	47,03 a -0,74
Średnie dla sposobu nawożenia Mean for application method	rzutowy broadcast	44,88 A -2,04	46,58 A 3,35	50,32 B 5,04	47,26 A 2,11
	zlokalizowany placement	46,49 A -1,92	47,98 A 3,77	46,07 A 4,44	46,85 A 3,19

\* Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy  $\alpha = 0,05$ ; małe litery odnoszą się do współdziałania rodzaju nawozu ze sposobem nawożenia, duże litery – do sposobu nawożenia.

\* Values in columns followed by the same letter do not differ significantly at  $\alpha = 0.05$ ; small letters refer to interaction of nitrogen fertilizer with application method, big letters – to application method.

Tabela 2. Suma związków fenolowych w kapuście ‘Galaxy F<sub>1</sub>’ po okresie przechowywania w mg 100 g<sup>-1</sup> świeżej masy oraz różnica w stosunku do wartości tuż po zbiorze [Sady i in. 2010]

Table 2. Total soluble phenols content in cabbage of ‘Galaxy F<sub>1</sub>’ after storage (mg 100 g<sup>-1</sup> fresh weight) and the result of changes in relation to values after harvest

Rodzaj nawozu Nitrogen fertilizer	Sposób nawożenia Application method	Rok badań/Year of study			Średnie z lat Mean for the years
		2005–2006	2006–2007	2007–2008	
Siarczan amonu Ammonium sulphate	rzutowy broadcast	36,88 a* 11,68	35,02 b 3,72	39,74 a 13,34	37,21 a 9,58
	zlokalizowany placement	37,40 a 6,10	33,54 a 3,24	40,79 ab 13,09	37,24 a 7,48
RSM	rzutowy broadcast	37,96 a 4,26	38,46 d 14,46	42,79 b 13,19	39,74 a 10,64
	zlokalizowany placement	35,97 a 2,77	36,35 c 10,65	42,47 b 12,97	38,26 a 8,80
Średnie dla sposobu nawożenia Mean for application method	rzutowy broadcast	37,42 A 7,97	36,71 B 9,09	41,26 A 13,26	38,47 A 10,11
	zlokalizowany placement	36,68 A 4,43	34,94 A 6,94	41,63 A 13,03	37,73 A 8,14

\*Wartości w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy  $\alpha = 0,05$ ; małe litery odnoszą się do współdziałania rodzaju nawozu ze sposobem nawożenia, duże litery – do sposobu nawożenia.

\*Values in columns followed by the same letter do not differ significantly at  $\alpha = 0,05$ ; small letters refer to interaction of nitrogen fertilizer with application method, big letters – to application method.

Tabela 3. Procentowa zawartość suchej masy w kapuście ‘Galaxy F<sub>1</sub>’ po zbiorze i po przechowywaniu – średnie z trzech lat badań

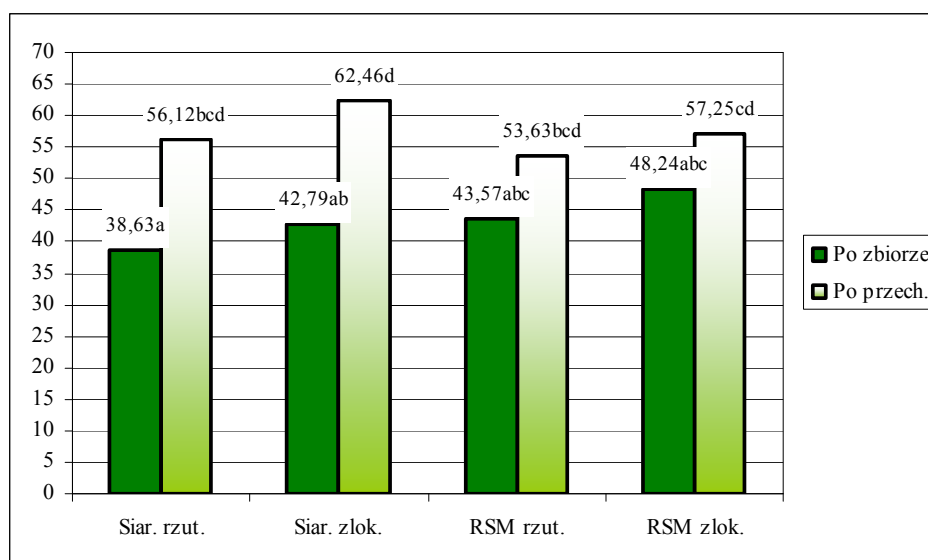
Table 3. Percent of dry matter content in cabbage of ‘Galaxy F<sub>1</sub>’ after harvest and after storage – means for three years

Rodzaj nawozu Nitrogen fertilizer	Sposób nawożenia/Application method			
	rzutowy/broadcast		zlokalizowany/placement	
	po zbiorze after harvest	po przechowywaniu after storage	po zbiorze after harvest	po przechowywaniu after storage
Saletra amonowa Ammonium sulphate	9,85 a	9,91 a	9,43 a	9,46 a
RSM	9,63 a	9,77 a	9,14 a	9,33 a
Średnio/Mean	9,74	9,84	9,28	9,36

\*Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy  $\alpha = 0,05$ .

\*Values followed by the same letter do not differ significantly at  $\alpha = 0,05$ .

Jeśli chodzi o zawartość związków fenolowych (tab. 2), po 4-miesięcznym przechowywaniu główek ich poziom był wyższy w kapuście nawożonej RSM-em niż nawożonej siarczanem amonu. Istotność różnic wykazano jednak tylko w drugim roku badań, na co miał wpływ duży wzrost sumy fenoli w porównaniu z poziomem wyjściowym, oznaczony w tym obiekcie. Interesujące, że większy wzrost sumy fenoli po przechowywaniu na ogół wykazywano w kapuście nawożonej sposobem konwencjonalnym niż zlokalizowanym. Wzrost zawartości związków fenolowych w składowanych warzywach jest zjawiskiem znanym, które towarzyszy procesowi starzenia się tkanek roślinnych [Starzyńska i in. 2003]. Charakterystyczny dla postępujących procesów starzenia się jest także rozkład białek, w efekcie którego zwiększa się zawartość wolnych aminokwasów w tkankach [Wills i in. 1998]. Również w niniejszym doświadczeniu obserwowano tę prawidłowość (rys. 1). W stosunku do poziomu tuż po zbiorze, średni wzrost zawartości wolnych aminokwasów po przechowywaniu główek był większy w kapuście nawożonej siarczanem amonu (ok. 45%) niż nawozem RSM (ok. 20%). Wynik ten wskazuje na wolniej postępujące procesy rozkładu białek w liściach kapusty po zastosowaniu w nawożeniu mieszanki azotan amonu i mocznika.

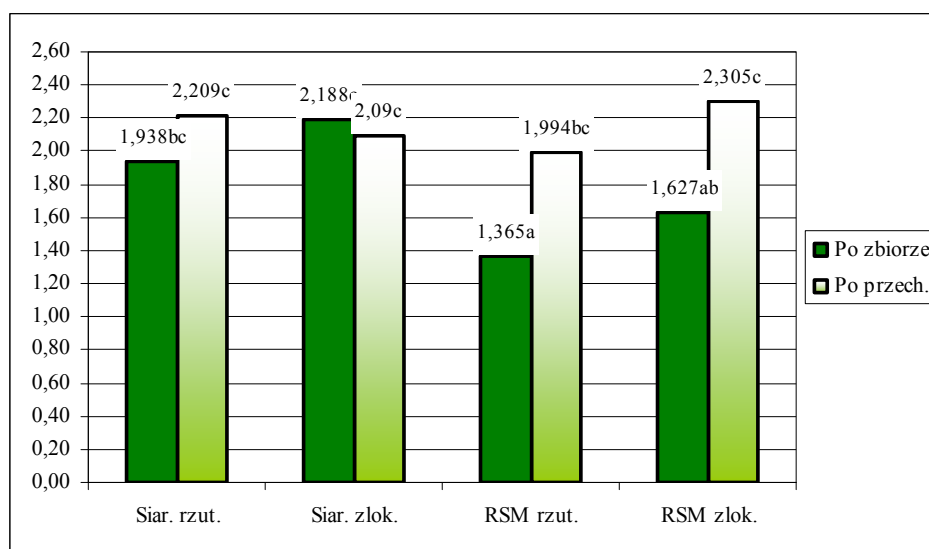


Rys. 1. Wpływ stosowania siarczanu amonu (siar.) oraz nawozu RSM sposobem rzutowym (rzut.) i zlokalizowanym (zlok.) na zawartość wolnych aminokwasów (mg N 100 g<sup>-1</sup> świeżej masy) w kapuście tuż po zbiorze i po przechowywaniu (średnie z trzech lat)

Fig. 1. Effect of ammonium sulfide (siar.) and RSM fertilizer applied with broadcast (rzut.) and placement (zlok.) method on free amino acid content (mg N 100 g<sup>-1</sup> fresh weight) in cabbage after harvest and after storage (means for three years)

W literaturze w ostatnich latach dużo dyskutuje się nad wpływem glukozyzolanów i pochodnych ich rozkładu obecnych w warzywach *Brassicaceae* na zdrowie człowieka [Bjoerkman i in. 2011]. Tiocyjaniany powstają dzięki aktywności specyficznych enzy-

mów z działających prozdrowotnie glukozynolanów i izotiocyjanianów. Zbyt dużą zawartość tiocyjanianów w diecie należy uznać za mniej korzystną dla zdrowia. Zawartość tiocyjanianów była największa tuż po zbiorze w kapuście nawożonej siarczanem amonu, niezależnie od sposobu aplikacji tego nawozu. Zależność ta może świadczyć o intensywniejszych przemianach związków zawierających siarkę po podaniu tego nawozu. W kapuście nawożonej RSM-em zawartość tiocyjanianów po zbiorze była istotnie niższa. Niemniej po okresie przechowywania zaznaczył się bardzo wyraźny, istotny wzrost zawartości tych związków do poziomu charakterystycznego dla nawożenia siarczanem amonu. Wzrost ten mógł być efektem intensywnego rozkładu glukozynolanów podczas długotrwałego przechowywania główek kapusty [Horbowicz 2003]. O zwiększaniu się zawartości tiocyjanianów po okresie długotrwałego przechowywania główek donoszono także w badaniach nad różnymi odmianami i liniami kapusty głowiastej białej [Wojciechowska i in. 2009] oraz czerwonej [Wojciechowska i Rożek 2009]. W kapuście czerwonej 'Langendijker' najmniej tiocyjanianów, zarówno po zbiorze, jak i po przechowywaniu, wykazano po zastosowaniu w nawożeniu roślin mocznika [Wojciechowska i Rożek 2009]. W niniejszym doświadczeniu zastosowanie mieszaniny trzech form azotu (w tym mocznika) w postaci nawozu RSM w uprawie kapusty białej 'Galaxy F<sub>1</sub>' wpłynęło na zmniejszenie zawartości tiocyjanianów, ale tylko w świeżo zebranych plonie.



Rys. 2. Wpływ stosowania siarczanu amonu (siar.) oraz nawozu RSM sposobem rzutowym (rzut.) i zlokalizowanym (zlok.) na zawartość tiocyjanianów ( $\text{mg SCN}^- 100 \text{ g}^{-1}$  świeżej masy) w kapuście tuż po zbiorze i po przechowywaniu (średnie z trzech lat)

Fig. 2. Effect of ammonium sulfide (siar.) and RSM fertilizer applied with broadcast (rzut.) and placement (zlok.) method on thiocyanate content ( $\text{mg SCN}^- 100 \text{ g}^{-1}$  fresh weight) in cabbage after harvest and after storage (means for three years)

## WNIOSKI

1. Po czterech miesiącach przechowywania wahania zawartości cukrów rozpuszczalnych oraz suchej masy w główkach kapusty białej odmiany 'Galaxy F<sub>1</sub>' były niewielkie, co potwierdza, że odmiana ta charakteryzuje się bardzo dobrą zdolnością przechowalniczą.

2. Większy wzrost zawartości sumy związków fenolowych po przechowywaniu główek wykazano w kapuście nawożonej sposobem konwencjonalnym.

3. Średni wzrost zawartości wolnych aminokwasów po przechowywaniu główek był większy w kapuście nawożonej siarczanem amonu niż nawożonej RSM, co wskazuje, że procesy rozkładu białek postępują wolniej po zastosowaniu mieszaniny saletrzano-mocznikowej.

4. Tuż po zbiorze zawartość tiocyjanianów była najmniejsza w kapuście nawożonej RSM, jednak po długotrwałym przechowywaniu poziom tych związków istotnie wzrósł, niezależnie od sposobu aplikacji nawozu.

## PIŚMIENNICTWO

- Bjoerkman M., Klingen I., Birch A., Bones A., Bruce T., Johansen T., Meadow R., Molmann J., Seljasen R., Smart L., Stewart D., 2011. Phytochemicals of *Brassicaceae* in plant protection and human health – Influences of climate, environment and agronomic practice. *Rev. Phytochem.* 72, 538–556.
- Czapski J., 2009. Cancer preventing properties of cruciferous vegetables. *Veg. Crops Res. Bull.*, 70, 5–18.
- Filipiak T., Maciejczak M., 2008. Uwarunkowania rozwoju sektora owoców i warzyw w Polsce w latach 2004-2007. *Rocz. Nauk Rol., Seria G*, 95(2), 97-109.
- Gajewski M., 2001. Przechowalność warzyw. SGGW, Warszawa.
- Horbowicz M., 2003. The occurrence, role and contents of glucosinolates in Brassica vegetables. *Veg. Crops Res. Bull.* 58, 23–40.
- Johnston T.D., Jones D.J.H., 1966. Variations in the thiocyanate content of kale varieties. *J. Sci. Food Agric.*, 17, 70–71.
- Korenman S., 1973. Analiza fotometryczna. WNT, Warszawa.
- Leja M., Wyżgolik G., Mareczek A., 2005. Phenolic compounds of red cabbage as related to different forms of nutritive nitrogen. *Hort. Veg. Grow.* 24(3), 421–428.
- Sady W., Domagała-Świątkiewicz I., Rożek S., 2010. Effect of nitrogen fertilization on sugars, ascorbic acid and phenolic compounds in white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata alba* L.). *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 9(4), 41–51.
- Sady W., Rożek S., Domagała-Świątkiewicz I., Wojciechowska R., Kołton A., 2008. Effect of nitrogen fertilization on yield, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> content of white cabbage. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 7(2), 41–51.
- Starzyńska A., Leja M., Mareczek A., 2003. Physiological changes in the antioxidant system of broccoli flower buds senescing during short-term storage, related to temperature and packing. *Plant Sci.* 165, 1387–1395.
- Wills R., McGlasson B., Graham D., Joyce D., 1998. Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamental. 4th ed. CAB International.

Wojciechowska R., Rożek S., 2009. Wpływ form azotu nawozowego na zawartość wybranych składników w kapuście głowiastej czerwonej po przechowywaniu. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 539, 759–764.

Wojciechowska R., Rożek S., Kołton A., Żuradzka I., 2009. Porównanie wielkości i jakości plonu wybranych odmian i rodów hodowlanych kapusty głowiastej białej. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 539, 765–771.

**Summary.** In 2005–2008 the three-and-half year experiment with white cabbage ‘Galaxy F<sub>1</sub>’ was conducted. The aim of study was to determine the effect of broadcast and placement fertilization with ammonium sulfide and RSM fertilizer (ammonium nitrate and urea solution, 1 : 1 ratio) on some chemical compounds in cabbage leaves after long-term storage. Each year the cabbage was harvested in the second decade of October and heads were stored in 95–98% RH and 2°C conditions to the middle of February next year. The obtain results confirmed that ‘Galaxy F<sub>1</sub>’ cultivar characterized very good ability to a long storage. Slight changes in soluble sugar and dry matter content after 4-months storage in comparison to harvest were shown. The significant increase of phenol compounds and free amino acid content in cabbage heads after storage was regularly observed. The greatest increase of free amino acid content in the case of cabbage fertilized with ammonium sulfide was noted. At harvest time the cabbage leaves accumulated significantly less thiocyanates when RSM was used. However, about 45% increase of thiocyanate content in cabbage after storage irrespective of application method was shown just in the case of RSM fertilizer.

**Key words:** cabbage, storage, soluble sugars, sum of phenols, free amino acids, thiocyanates