

**Monika Krawiec**

*Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

## **CHARAKTERYSTYKA, WYCENA I ZASTOSOWANIA OPCJI WYMIANY NA TOWARY ROLNE**

### *CHARACTERISTICS, PRICING AND APPLICATIONS OF EXCHANGE OPTIONS ON AGRICULTURAL ITEMS*

**Słowa kluczowe: opcje wymiany, model Margrabe'a, rynek zbóż**

*Key words: exchange options, Margrabe model, market of cereals*

**Synopsis.** Opcje wymiany są najmniej skomplikowane wśród wielowymiarowych opcji korelacyjnych. Dają właścicielowi prawo wymiany w terminie wygaśnięcia posiadanego waloru na inny. Celem pracy było przedstawienie ich charakterystycznych własności, metod wyceny oraz przykładów zastosowań na rynku zbóż w Polsce. Konstruowano więc opcje o odmiennych parametrach, szacowano ich premie, a następnie oceniano ich efektywność z punktu widzenia posiadacza kontraktu. Otrzymane wyniki pozwalają stwierdzić, że opcje wymiany są ciekawym instrumentem, lecz dość drogim.

### **Wstęp**

Działalność w sektorze rolno-spożywczym, podobnie jak wszelka aktywność gospodarcza, obciążona jest ryzykiem. Jednak w przypadku rolnictwa i przemysłu przetwórczego mamy do czynienia ze specyficznymi rodzajami ryzyka. Alizadeh i Nomikos [2005] wymieniają następujące: ryzyko majątkowe (*asset risk*), związane z kradzieżą, pożarem, utratą lub zniszczeniem wyposażenia, budynków i innych zasobów wykorzystywanych w produkcji, ryzyko produkcyjne lub rozmiarów produkcji (*production* lub *yield risk*) – zazwyczaj odnoszone do warunków pogodowych, ale obejmuje także takie czynniki ryzyka, jak: choroby roślin i zwierząt, ryzyko finansowe (*financial risk*), związane na przykład ze zmianą kosztów pożyczek, ryzyko cenowe (*price risk*), powstające w wyniku spadku cen oferowanych produktów i wzrostu cen surowców, wykorzystywanych w produkcji, ryzyko instytucjonalne i prawne (*institutional and legal risk*), wywoływane zmianami przepisów i rozporządzeń, ryzyko ekologiczne (*ecological risk*), związane z zanieczyszczeniem środowiska i zmianami klimatycznymi w wyniku niewłaściwego zarządzania zasobami naturalnymi, ryzyko rynkowe (*market risk*), uzależnione od fluktuacji cen czynników produkcji i produktów końcowych oraz ryzyko walutowe (*currency risk*), związane ze zmianą kursów walutowych.

Tę szczegółową klasyfikację można jeszcze uzupełnić o ryzyko transportowe (*transportation risk*), wynikające z możliwości uszkodzenia towaru podczas transportu i zmiany kosztów transportu oraz ryzyko dostawy (*delivery risk*), odnoszone do jakości dostarczonego towaru. Niektórymi z wymienionych rodzajów ryzyka można zarządzać przez ubezpieczenia, do ograniczania innych stosuje się instrumenty pochodne. Najpopularniejsze z nich, to kontrakty *forward* i *futures* oraz opcje.

Zorganizowany obrót pochodnymi na towary rolne sięga drugiej połowy XIX wieku (wówczas powstała Chicago Board of Trade), ale od tamtego czasu wolumen obrotów i asortyment dostępnych instrumentów znacznie się zwiększyły. Oprócz standardowych kontraktów, oferowanych na rynkach giełdowych, istnieje cała grupa instrumentów, oferowanych na rynkach pozagiełdowych – przede wszystkim opcji. Geman [2007] wyraża opinię, że spośród opcji stosowanych powszechnie na rynkach finansowych, najbardziej odpowiednie dla rynków towarowych są przede wszystkim opcje azjatyckie, a następnie opcje wymiany i opcje spreadowe. Przykłady zastosowania opcji azjatyckich na rynku rolnym w Polsce przedstawiono w pracy Borkowskiego i innych [2008].

Celem pracy było przedstawienie charakterystyki, metod wyceny i przykładowych zastosowań opcji wymiany dla polskiego rynku zbóż.

### Charakterystyka i model wyceny opcji wymiany

Opcje wymiany (*exchange options*), obok koszykowych i tęczyowych, należą do najpopularniejszych opcji wielowymiarowych, określanych również mianem opcji korelacyjnych. Są to instrumenty, z których wypłata zależy od co najmniej dwóch instrumentów bazowych (niekoniecznie należących do tej samej klasy). W przypadku opcji wymiany (najmniej skomplikowanych spośród opcji korelacyjnych) mamy do czynienia z dwoma aktywami bazowymi, ponieważ opcja wymiany daje posiadaczowi w momencie wykonania kontraktu prawo do zamiany posiadanego waloru (towaru) na inny (drugi). Opcję wymiany można więc postrzegać jako opcję kupna drugiego waloru z ceną wykonania, odpowiadającą wartości przyszłej pierwszego (posiadanego) waloru.

Po raz pierwszy wyceny opcji wymiany o europejskim stylu wykonania dokonał w 1978 roku Margrabe. Jeśli przyjmujemy następujące oznaczenia:

- $S_1$  i  $S_2$  – ceny odpowiednio: posiadanego i drugiego waloru,
- $\delta_1$  i  $\delta_2$  – stopy dywidendy odpowiednio: posiadanego i drugiego waloru,
- $\sigma_1$  i  $\sigma_2$  – zmienność cen odpowiednio: posiadanego i drugiego waloru,
- $\rho$  – korelacja stóp zwrotu z obu walorów,
- $T-t$  – czas do wygaśnięcia opcji,

to wartość europejskiej opcji wymiany, która pozwala oddać posiadany walor „1” w zamian za walor „2”, wynosi [Kolb, Overdahl 2007]:

$$EXOPT = S_2 e^{-\delta_2(T-t)} N(w_1) - S_1 e^{-\delta_1(T-t)} N(w_2), \quad (1)$$

przy czym:

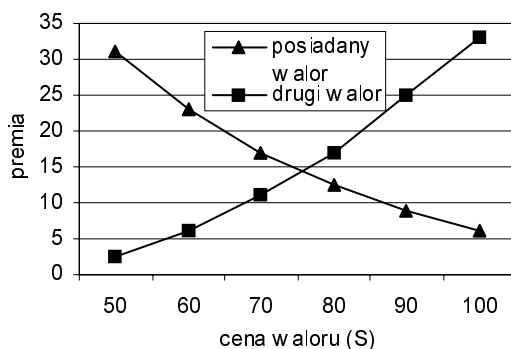
$$w_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_2}{S_1}\right) + (\delta_1 - \delta_2 + 0,5\Sigma^2)(T-t)}{\Sigma\sqrt{T-t}}, \quad (2)$$

$$w_2 = w_1 - \Sigma\sqrt{(T-t)}, \quad (3)$$

$$\Sigma^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho\sigma_1\sigma_2, \quad (4)$$

a  $N(w)$  oznacza wartość dystrybuanty standardowego rozkładu normalnego.

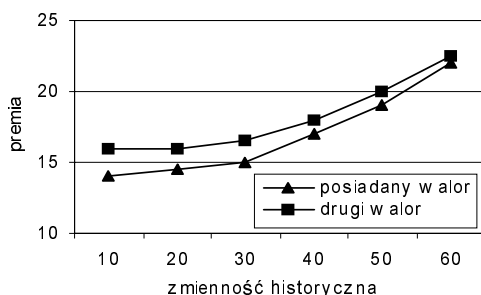
Model wyceny opcji wymiany przypomina model Mertona [1973], lecz tutaj zmienność portfela dwóch walorów  $\Sigma$  zajmuje miejsce zmienności pojedynczego instrumentu  $\sigma$ , a cena posiadanego waloru  $S_1$  zajmuje miejsce ceny wykonania  $X$ . Do wyceny opcji wymiany o amerykańskim stylu wykonania można wykorzystać technikę drzew dwumianowych, opisaną przez Rubinsteina [1991] lub aproksymację Bjerksunda, Stenslanda [1993], przy tym amerykańskie opcje wymiany są zawsze droższe niż ich europejskie odpowiedniczki [Haug 2007].



**Rysunek 1. Wpływ ceny posiadanego aktywu ( $S_1$ ) oraz ceny drugiego aktywu ( $S_2$ ) na wartość premii opcji wymiany przy pozostałych czynnikach stałych**  
Źródło: opracowanie własne.

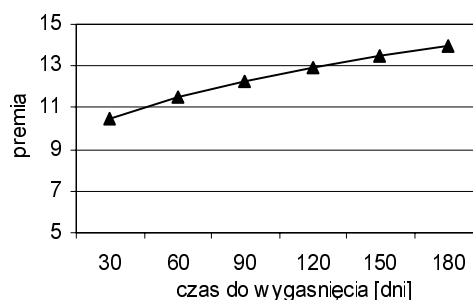
Analizując wzory 1-4, można zauważyć, że na wartość opcji wymiany wpływają ceny obydwu walorów ( $S_1$  i  $S_2$ ). Ich oddziaływanie na wartość premii przedstawiono na rysunku 1. Jak widać, im wyższa cena posiadanego waloru, tym niższa premia opcji wymiany (przy pozostałych czynnikach stałych). W przypadku drugiego waloru zależność jest odwrotna, tzn. im wyższa cena drugiego waloru, tym droższa opcja wymiany (przy pozostałych czynnikach stałych).

Na wartość opcji wymiany oddziałują również zmienności cen instrumentów bazowych. Ich wpływ przedstawiono na rysunku 2, gdzie w obu przypadkach można zauważyć dodatnią zależność premii od poziomu zmienności cen instrumentów bazowych (przy pozostałych czynnikach stałych).



**Rysunek 2.** Wpływ zmienności cen posiadanych aktywów ( $\sigma_1$ ) oraz drugiego aktywu ( $\sigma_2$ ) na wartość premii opcji wymiany przy pozostałych czynnikach stałych

Źródło: opracowanie własne.



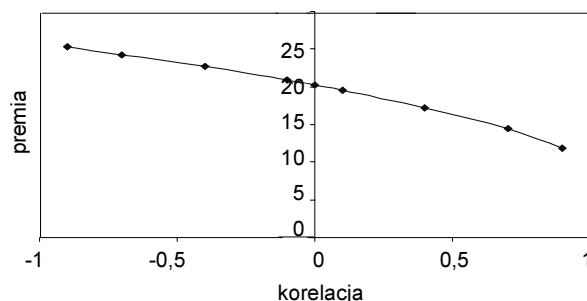
**Rysunek 3.** Wpływ długości czasu do wygaśnięcia na wartość premii opcji wymiany przy pozostałych czynnikach stałych

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym czynnikiem, od którego zależy wartość opcji wymiany, jest czas do wygaśnięcia. Jego wpływ zilustrowano na rysunku 3. Na tej podstawie można stwierdzić, że im dłuższy czas do wygaśnięcia, tym droższa opcja wymiany (przy pozostałych czynnikach stałych).

Ostatnim czynnikiem, wpływającym na wartość opcji wymiany, jest korelacja stóp zwrotu obu walorów. Jej oddziaływanie przedstawiono na rysunku 4. Na jego podstawie można stwierdzić, że im korelacja jest bliższa „+1”, tym niższa premia opcyjna i odwrotnie: im korelacja jest bliższa „-1”, tym wartość premii jest wyższa. Dzieje się tak dlatego, że właściciel opcji wymiany zyskuje na różnicy między cenami obu walorów, a im wyższa korelacja dodatnia, tym mniejsza będzie ta różnica [Gudaszewski, Łukojć 2004]. Należy jeszcze zauważyć, że w przypadku, gdy  $S_1 = S_2$ ,  $\sigma_1 = \sigma_2$ ,  $\delta_1 = \delta_2$ , a korelacja stóp zwrotu obu instrumentów bazowych wynosi w przybliżeniu 1, wówczas premia opcji wymiany będzie bliska zeru, co oznacza, że opcja dająca prawo zamiany danego instrumentu na ten sam instrument jest bezwartościowa.

W analizie standardowych kontraktów opcyjnych bardzo ważne jest badanie wrażliwości premii na różne czynniki. Służą do tego współczynniki wrażliwości – tzw. parametry greckie: *delta* (określający zmiany ceny opcji przy zmianie ceny instrumentu pierwotnego), *gamma* (wskazujący na zmiany współczynnika delta opcji przy zmianach ceny instrumentu pierwotnego), *vega* (badający wrażliwość premii na zmiany zmienności historycznej), *theta* (określający zmiany ceny opcji przy zmianie długości czasu do wygaśnięcia) i *rho* (wskazujący na zmiany ceny opcji przy zmianie stopy wolnej od ryzyka). W związku z tym, że w opcjach wymiany występują dwa instrumenty bazowe, należy wyznaczyć po dwa współczynniki *delta*, *gamma* i *vega* oraz dodatkowy parametr grecki – *chi*, badający wrażliwość premii opcyjnej w odniesieniu do korelacji stóp zwrotu instrumentów bazowych [Zahng 2006].



**Rysunek 4.** Wpływ korelacji stóp zwrotu instrumentów bazowych na wartość premii opcji wymiany przy pozostałych czynnikach stałych

Źródło: opracowanie własne.

### Przykłady zastosowania opcji wymiany dla rynku zbóż w Polsce

Wykorzystane w badaniach dane empiryczne zostały udostępnione na stronie internetowej Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi [www.minrol.gov.pl]. Są to średnie tygodniowe ceny zbóż w Polsce, zgromadzone w ramach Zintegrowanego Systemu Rolniczej Informacji Rynkowej. Posłużyły one do ustalenia parametrów analizowanych opcji wymiany: zmienności historycznych ( $\sigma$ ), korelacji stóp zwrotu oraz cen instrumentów bazowych w momencie wystawienia kontraktu ( $S_0$ ) i w chwili jego wygaśnięcia ( $S_T$ ). Rozpatrywano dwa warianty długości życia analizowanych opcji:  $T_1 = 3$  i  $T_2 = 6$  miesięcy. Za dzień wystawienia opcji przyjęto 04.08.2009 roku. Wówczas daty wygaśnięcia to

Tabela 1. Podstawowe parametry wycenianych opcji wymiany

Parametr	Towar			
	pszenica konsumpcyjna	jęczmień paszowy	kukurydza paszowa	pszenica paszowa
$\sigma$ [%]	19,5	22,2	18,3	19,6
$S_0$ [zł/t]	475	356	613	429
$S_{T_1}$ [zł/t]	453	351	437	442
$S_{T_2}$ [zł/t]	490	401	519	491

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2. Macierz współczynników korelacji stóp zwrotu analizowanych towarów

Towar	Pszenica konsumpcyjna	Jęczmień paszowy	Kukurydza paszowa	Pszenica paszowa
Pszenica konsumpcyjna	1			
Jęczmień paszowy	-0,33	1		
Kukurydza paszowa	0,32	0,16	1	
Pszenica paszowa	0,58	-0,17	0,71	1

Źródło: opracowanie własne.

**Opcja 1.** Pierwsza analizowana opcja wymiany daje właścicielowi prawo wymiany pszenicy konsumpcyjnej na kukurydzę paszową. W momencie wystawienia opcji cena pszenicy konsumpcyjnej wynosiła  $S_1 = 475$  zł/t, zaś cena kukurydzy paszowej  $S_2 = 613$  zł/t. Historyczna zmienność cen pszenicy konsumpcyjnej to  $\sigma_1 = 19,5\%$ , a kukurydzy paszowej  $\sigma_2 = 18,3\%$ . Natomiast współczynnik korelacji stóp zwrotu rozpatrywanych towarów wynosi 0,32. Przy przyjętych parametrach wartości premii opcji wymiany, wygasających po 3 i 6 miesiącach, wynoszą odpowiednio: 138 i 140 zł/t. W dniu wygaśnięcia opcji z krótszym terminem realizacji, ceny zbóż kształtowały się następująco: cena pszenicy konsumpcyjnej 453 zł/t, a cena kukurydzy paszowej – 437 zł/t (bardzo duży spadek). W związku z tym posiadaczowi nie opłaca się wykonanie kontraktu, lecz jako uprzywilejowana strona ma prawo odstąpić od realizacji opcji, tracąc zapłaconą premię (138 zł/t). Zauważmy przy okazji, że gdyby inwestor w dniu wystawienia opcji zdecydował się na z pozoru irracjonalną wymianę kukurydzy paszowej na pszenicę konsumpcyjną w terminie 3 miesięcy, wówczas wartość premii takiej opcji wymiany wyniosłaby tylko 0,20 zł/t, a zysk osiągnięty przez inwestora po upływie 3 miesięcy kształtowałby się na poziomie  $453 - 437 - 0,20 = 15,80$  zł/t. W przypadku opcji o dłuższym terminie ważności korzystna różnica cen wynosi w dniu wykonania  $519 - 490 = 29$  zł/t, co należy pomniejszyć o zapłaconą premię i w efekcie inwestor poniesie stratę 111 zł/t. Niemniej powinien wykonać kontrakt w celu minimalizacji strat.

**Opcja 2.** Kolejna opcja wymiany daje w dniu wygaśnięcia właścicielowi prawo wymiany posiadanej pszenicy paszowej na pszenicę konsumpcyjną. Są to zboża, których stopy zwrotu w badanym okresie wykazały najwyższą korelację dodatnią (współczynnik korelacji na poziomie 0,58). Zmienności historyczne oraz ceny towarów bazowych w chwili wystawienia opcji kształtowały się następująco:  $S_1 = 429$  zł/t,  $\sigma_1 = 19,6\%$ ,  $S_2 = 475$  zł/t,  $\sigma_2 = 19,5\%$ . Przy podanych parametrach premia opcji wymiany o krótszym terminie do wygaśnięcia wynosiła 48 zł/t, zaś opcji o dłuższym terminie do wygaśnięcia – 53 zł/t. W związku z tym inwestor, dokonując wymiany towarów po 3 miesiącach, poniósłby stratę 37 zł/t. Należy jednak wykonać opcję w celu minimalizacji strat. Natomiast po upływie pół roku trzeba odstąpić od wykonania, tracąc zapłaconą premię.

**Opcja 3.** Tym razem konstruowana opcja uprawnia do wymiany jęczmienia paszowego na pszenicę paszową. Są to towary o słabej ujemnej korelacji stóp zwrotu. W chwili wystawienia opcji tona jęczmienia paszowego kosztowała 356 zł, zaś tona pszenicy paszowej – 429 zł/t. Zmienności historyczne wynosiły odpowiednio: 22,2 (w przypadku jęczmienia paszowego) i 19,6% (w przypadku pszenicy paszowej). Dla opcji z trzymiesięcznym terminem wykonania otrzymano premię o wartości

odpowiednio: 04.11.2009 i 04.02.2010 roku. Parametry, niezbędne do wyceny, zestawiono w tabelach 1 i 2. Zarówno zmienność historyczną, jak i współczynniki korelacji wyznaczono na podstawie danych, obejmujących półrocze przed wystawieniem opcji. Można zauważyć, że w badanym okresie najwyższy poziom zmienności otrzymano dla jęczmienia paszowego, zaś najniższy dla kukurydzy paszowej. Niemniej zmienność wszystkich towarów jest zbliżona (tab. 1). Najwyższą dodatnią korelację stóp zwrotu uzyskano dla pary kukurydza paszowa – pszenica paszowa, a najwyższą ujemną korelację dla pary pszenica konsumpcyjna – jęczmień paszowy (tab. 2).

W kolejnym kroku konstruowano i wyceniano opcje wymiany dla poszczególnych zbóż. Wszystkie opcje mają europejski styl wykonania, co oznacza, że można je realizować tylko w dniu wygaśnięcia.

77 zł/t, a dla opcji z sześciomiesięcznym terminem wykonania – premię równą 83 zł/t. W efekcie inwestor, wykonując opcję z krótszym terminem wygaśnięcia, osiągnie zysk netto 14 zł/t, a wykonując opcję o dłuższym terminie ważności – zysk 7 zł/t.

**Opcja 4.** Ta opcja pozwala wymienić posiadany jęczmień paszowy na pszenicę konsumpcyjną – towary, w przypadku których odnotowano najsilniejszą ujemną korelację stóp zwrotu w badanym okresie. W momencie wystawienia opcji ceny i zmienności historyczne dla obu zbóż wynosiły odpowiednio: dla jęczmienia paszowego  $S_1 = 356$  zł/t,  $\sigma_1 = 22,2\%$ , a dla pszenicy konsumpcyjnej  $S_2 = 475$  zł/t,  $\sigma_2 = 19,5\%$ . Przy podanych parametrach otrzymano następujące wartości premii: 120 zł/t dla opcji wygasającej za 3 miesiące i 124 zł/t dla opcji wygasającej za 6 miesięcy. Obydwie opcje powinny być wykonane w celu minimalizacji strat, gdyż korzystna, z punktu widzenia posiadacza opcji, różnica cen nie wystarcza by zrekomensować wysokie premie.

**Opcja 5.** Ostatnia badana opcja wymiany daje prawo zamiany pszenicy paszowej na kukurydzę paszową – towarów o najwyższej dodatniej korelacji stóp zwrotu. W momencie wystawienia opcji cena pszenicy paszowej i jej zmienność historyczna wynosiły odpowiednio: 429 zł/t i 19,6%. Natomiast cena i zmienność kukurydzy paszowej kształtowały się na poziomie 613 zł/t i 18,3%. Wycenione wartości premii były jednakowe dla obu wariantów życia opcji i po zaokrągleniu do całości równe 184 zł/t. W wyniku drastycznego spadku cen kukurydzy paszowej w ciągu 3 miesięcy od wystawienia opcji, posiadacz kontraktu wygasającego w tym terminie powinien odstąpić od jego realizacji. Natomiast opcję wygasającą w 6 miesięcy od wystawienia należy wykonać w celu ograniczenia strat.

### Podsumowanie

Celem pracy było przedstawienie charakterystyki i metod wyceny oraz przykładów zastosowań opcji wymiany dla rynku zbóż w Polsce. Konstruowano więc opcje o odmiennych parametrach, szacowano ich premie, a następnie weryfikowano zasadność ich wykonania z punktu widzenia posiadacza kontraktu. Można stwierdzić, że w warunkach stabilnego rynku, gdy nie obserwowano dużych zawirowań cenowych, najlepiej pod względem opłacalności wykonania, kształtowały się kontrakty o umiarkowanej korelacji stóp zwrotu instrumentów bazowych (jęczmienia paszowego i kukurydzy oraz pszenicy paszowej).

Zaskakującą sytuację odnotowano w przypadku kukurydzy paszowej, której ceny w ciągu 3 miesięcy od daty wystawienia analizowanych opcji, znacząco spadły. Najdroższa, w momencie wystawienia kontraktów, kukurydza po 3 miesiącach była tańsza od pszenicy konsumpcyjnej i paszowej, kosztując o prawie 30% mniej, by po kolejnych 3 miesiącach (na początku lutego 2010 roku) znów stać się najdroższym towarem z rozpatrywanych. W wyniku tego, z pozoru irracjonalne, trzymiesięczne opcje wymiany droższej kukurydzy na tańszą pszenicę konsumpcyjną lub pszenicę paszową, pozwoliłyby ich posiadaczom zrealizować niespodziewany zysk (odpowiednio około 16 i około 5 zł/t).

Obok opcji wymiany, wykorzystywanych na rynkach towarowych, instrumenty te mogą być efektywnym narzędziem ograniczającym ryzyko walutowe ponoszone przez eksporterów i importerów dóbr i usług. Wymiana określonej ilości waluty na drugą zapewnia eliminację ewentualnych wahań kursu. Jeszcze inną możliwością jest zastosowanie bardziej złożonych konstrukcji, to jest opcji wymiany na opcje wymiany. Przykłady takich opcji i formuły ich wyceny zaproponował w 1988 roku Carr. Wydaje się jednak, że w przypadku polskiego rynku pierwszym krokiem mogłoby być wprowadzenie prostych opcji wymiany, które są ciekawym instrumentem ograniczania ryzyka, lecz niestety dość drogim. W przypadku opcji, analizowanych w tej pracy, wartość premii stanowiła od 3 do nawet 42% ceny instrumentu bazowego w chwili zawarcia kontraktu.

### Literatura

- Alizadeh A., Nomikos N. 2005: Agricultural reforms and the use of market mechanisms for risk management. [www.foa.co.uk](http://www.foa.co.uk).
- Bjerkstrand P., Stensland G. 1993: Closed-form approximation of American options. *Scandinavian Journal of Management*, nr 9, s. 87-99.
- Borkowski B., Karpio A., Krawiec M. 2008: Wykorzystanie instrumentów pochodnych do zarządzania ryzykiem rynkowym. Zarządzanie ryzykiem cenowym a możliwości stabilizowania dochodów producentów rolnych. Raport Programu Wieloletniego nr 113. Wyd. IERiGŻ, Warszawa, s. 115-161.
- Carr P. 1988: The valuation of sequential exchange opportunities. *Journal of Finance*, nr 43, s. 1235-1256.

- Geman H.** 2007: *Commodities and commodity derivatives*. John Wiley&Sons Ltd., West Sussex.
- Gudaszewski W., Lukojć A.** 2004: Wycena wieloczynnikowych opcji egzotycznych. *Rynek Terminowy*, nr 2, s. 12-22.
- Haug E.G.** 2007: *Option pricing formulas*. McGraw-Hill, New York.
- Kolb R.W., Overdahl J.A.** 2007: *Futures, options and swaps*. Blackwell Publishing, Malden.
- Margrabe W.** 1978: The value of an option to exchange one asset for another. *Journal of Finance*, nr 33 (1), s. 177-186.
- Merton R.** 1973: Theory of rational option pricing. *Bell Journal of Economics and Management Science*, nr 4, s. 141-183.
- Rubinstein M.** 1991: One for another. *Risk Magazine*, nr 4(7).  
[www.minrol.gov.pl].
- Zahng P.G.** 2006: *Exotic options*. World Scientific Publishing, Singapore.

### **Summary**

*Exchange options, the simplest of multi-asset correlation options, give their holders the right to exchange owned asset for another one at the time of expiration. The aim of the paper is to present their main features, methods of evaluation as well as examples of applications at the market of cereals in Poland. In a consequence several exchange options with different parameters were created and priced. Then there was assessed the efficiency of their exercising from the point of view of options holders. Results obtained allow to conclude that exchange options are very interesting, but sometimes quite expensive.*

### **Adres do korespondencji:**

dr Monika Krawiec  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki  
Katedra Ekonometrii i Statystyki  
ul. Nowoursynowska 159  
02- 787 Warszawa  
tel. (22) 593 72 26  
e-mail: krawiec.monika@gmail.com