

WALIDACJA SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI ZEASOFT - MODUŁ NAWOŻENIA*

Andrzej S. Zaliwski

*Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa-Państwowy Instytut Badawczy w Puławach*

Streszczenie. Przeprowadzono walidację Modelu doboru nawozów w Module nawożenia systemu ZeaSoft z wykorzystaniem Modelu optymalizacyjnego doboru nawozów do dawki NPK napisanego w systemie GAMS. Walidacja polegała na porównaniu wyników otrzymanych z systemu ZeaSoft (wybór nawozów przez użytkownika) z wynikami z Modelu optymalizacyjnego NPK (automatyczny wybór nawozów wg zadanych kryteriów) dla tych samych danych wejściowych (zestawów nawozów mineralnych). Sprawdzano poprawność doboru nawozów do dawek NPK i koszt nawozów w rozwiązaniach generowanych przez porównywane modele. Ustalono, że dla jedenastu zestawów nawozów stanowiących dane wejściowe system ZeaSoft w ośmiu przypadkach obliczył ilość nawozu poprawnie w 100%, w jednym przypadku poprawność obliczeń wyniosła 99,7% i dwukrotnie poprawnie zgłosił brak rozwiązania. Przy przypadkowym wyborze nawozów przez użytkownika koszt nawozów w rozwiązaniach podawanych przez ZeaSoft jest wyższy średnio o 15% niż w rozwiązaniu optymalnym. Uporządkowanie nawozów w kolejności rosnącej ceny za 1 kg czystego składnika na liście nawozów prezentowanej użytkownikowi przez ZeaSoft zmniejszyłoby tę różnicę do poniżej 7%.

Słowa kluczowe: walidacja, system wspomaganie decyzji, nawożenie, ilość nawozu, model optymalizacyjny, programowanie liniowe, GAMS

Wprowadzenie

Optymalny wzrost roślin wymaga dostępności składników pokarmowych we właściwej zmineralizowanej formie, w odpowiednich ilościach i proporcjach, w odpowiednim miejscu i czasie, a ponadto spełnienia warunków ich przyswajalności przez system korzeniowy [Raman 2006]. Źródłem tych składników są rezerwy glebowe, nawozy mineralne, resztki i nawozy organiczne, opad atmosferyczny, w przypadku roślin motylkowych bakterie brodawkowe, itd. Zrównoważona intensyfikacja rolnictwa stwarza konieczność dostarczania

* Publikacja opracowana w ramach zadania 4.1 programu wieloletniego IUNG-PIB Puławy

składników pokarmowych ze źródeł zewnętrznych, jakimi są nawozy mineralne i organiczne, w sposób zapewniający utrzymanie wzrostu roślin na optymalnym poziomie. Zaniżenie dawek nawozów w stosunku do wartości optymalnych powodowałoby mniejsze plony i prowadziłyby do ubytku żyzności gleby. Zawyżenie dawek nawozów również obniżałoby plony, a ponadto zwiększało koszty, zmniejszało sprawność wykorzystania składników pokarmowych i zanieczyszczało środowisko na skutek wymywania. Precyzyjne ustalanie dawek nawozów ma wobec tego pierwszorzędne znaczenie i dlatego jest od wielu lat w centrum zainteresowania badawczego w IUNG-PIB [Zaliwski i Pietruch 2007]. Instytut oferuje kilka programów komputerowych z zakresu doradztwa nawozowego: NAW-3, NawSald czy InfoPlant [Jadczyzyn 2001; Jadczyzyn i Pietruch 2003; Oferta IUNG PIB 2011], istnieją także programy doradcze innych producentów [Cupiał 2005]. Głównym zadaniem tych programów jest pomoc w ustaleniu dawki składników pokarmowych, mniejszą uwagę natomiast zwrócono przy ich opracowaniu na możliwość doboru nawozów do dawki. Tym niemniej po ustaleniu dawek następuje dobór nawozów pod względem ich ilości i kosztu. Warunkiem precyzyjnego przeprowadzenia zabiegu nawożenia jest właściwe przeprowadzenie obu tych czynności. System ZeaSoft posiada procedury, które są dużym ułatwieniem przy ich przeprowadzaniu w odniesieniu do uprawy kukurydzy. Dla użytkownika korzystającego z takiego systemu przez wzgląd na ułatwienie niewątpliwie istotne jest, czy można zaufać podawanym rozwiązaniom.

Stąd wynika niniejsza praca, polegająca na walidacji Modelu doboru nawozów w Module nawożenia systemu ZeaSoft w celu sprawdzenia poprawności doboru ilości nawozów względem dawek NPK oraz na ocenie doboru nawozów pod względem ich kosztu.

Model doboru nawozów ZeaSoft

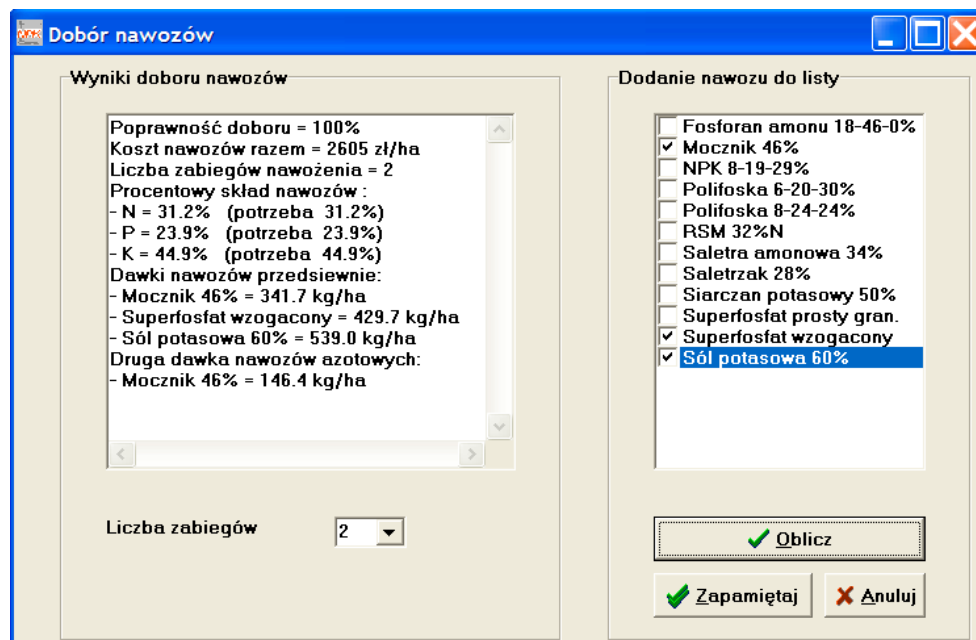
System ZeaSoft został dość dobrze przedstawiony w literaturze zarówno od strony teoretycznej jak i od strony jego obsługi [Zaliwski i in. 2004; Zaliwski i Hołaj 2004; Zaliwski 2009; ZeaSoft: Literatura 2012]. Był on już także walidowany w zakresie modeli plonów kukurydzy [Zaliwski i Nieróbca 2010]. Brak jest jednak opublikowanych materiałów dotyczących Modelu doboru nawozów.

Interfejs Modelu doboru nawozów ZeaSoft przedstawiono na rys. 1. Danymi wejściowymi Modelu są dawki składników pokarmowych (N, P, K). Nawozy wybierane są przez użytkownika programu przez zaznaczenie na liście nawozów w prawej części interfejsu (rys.1). Należy nadmienić, że o ile dla liczby nawozów nie większej niż trzy ustalenie ilości nawozów nie przedstawia problemu, to przy czterech nawozach lub większej ich liczbie sprawa znacznie komplikuje się. Wynika to z rosnącej liczby zmiennych w zbiorze trzech równań opisujących spełnienie dawki przez określoną masę składników pokarmowych zawartych w każdym z nawozów:

$$(N, P, K) = \left(\sum n_i I_i, \sum p_i I_i, \sum k_i I_i \right) \quad (1)$$

gdzie:

- i – indeks nawozu, $i = \{ 1..n \}$, gdzie n jest liczbą nawozów w zestawie,
- N, P, K – dawki składników N, P, K [$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-1}$],
- n_i, p_i, k_i – zawartość składników N, P, K w nawozie „ i ” [%],
- I_i – ilość nawozu „ i ” [$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-1}$].



Rys. 1. Interfejs Modelu doboru nawozów systemu ZeaSoft. Źródło: system ZeaSoft

Fig. 1. Interface of the Fertilizer Selection Model of ZeaSoft system. Source: ZeaSoft system

Model doboru nawozów systemu ZeaSoft oblicza ilość każdego nawozu w zestawie drogą prób i błędów - wg algorytmu symulującego hipotetyczne zachowanie się człowieka w podobnej sytuacji. Dodaje on małą porcję nawozu „na przymię” i ustala dalszy kierunek działania badając wpływ porcji na zawartość procentową NPK w „przymię” przez obliczenie tzw. „wskaźnika dobroci dopasowania”. Jeżeli dodana porcja powoduje zmniejszenie wskaźnika, zostaje ona z powrotem „zdjęta z przymy” i badany jest następny nawóz zestawu. Iteracja postępuje aż do osiągnięcia właściwego rozwiązania lub stwierdzenia jego braku. Algorytm ten nie bierze jednak pod uwagę kosztu nawozów.

Dawki składników pokarmowych NPK stanowiące dane wejściowe dla Modelu doboru nawozów są obliczane w Modelu dawek wzorowanym na algorytmach opracowanych w IUNG [Jadczyższyn 2001; Jadczyższyn i Pietruch 2003] i zastosowanych m.in. w programie NawSald. Uznano, że nie zachodzi konieczność ich walidacji wykraczającej poza testowanie kodu programu. Model doboru nawozów był poddany walidacji podczas jego opracowywania, ale tylko w ograniczonym zakresie. W związku z brakiem dostępu do odpowiednich narzędzi w okresie opracowywania systemu ZeaSoft w roku 2004 [Zaliwski i in. 2004] zweryfikowano jedynie poprawność obliczeniową doboru nawozów do dawek przy pomocy arkusza kalkulacyjnego. Obecnie w związku z dostępnością systemu modelowania GAMS [Rosenthal 2012] pojawiła się możliwość dokładniejszej walidacji Modelu doboru nawozów zarówno pod względem poprawności spełnienia dawek jak i oceny ekonomicznej.

Metoda walidacji

W literaturze fachowej można znaleźć różne podziały modeli wg różnorodnych kryteriów [Krupa 2008]. Modele stosowane we wspomaganiu decyzji można podzielić ogólnie na dwie kategorie: modele „rekomendacyjne” (generujące zalecenia) i prognostyczne (generujące prognozy) [McCarl i Spleen 2003]. Podejście do walidacji modelu może być bardzo różne. Sposób walidacji zależy przede wszystkim od kategorii modelu. Modele prognostyczne można sprawdzić najpewniej przez porównanie prognozy z wynikami rzeczywistymi, a wobec ich braku – z danymi historycznymi, np. Zaliwski i Nieróbca [2010]. W przypadku modeli rekomendacyjnych możliwe są dwie drogi: weryfikacja poprawności konstrukcyjnej algorytmu lub poprawności wyników modelu [McCarl i Spleen 2003]. Walidacja konstrukcji algorytmu, zwłaszcza przy jego dużej złożoności, bardziej prowadzi do przekonania niż pewności o jego poprawności. W przypadku badania poprawności wyników można co prawda uzyskać taką pewność, ale tylko w zakresie danych użytych do walidacji.

Model doboru nawozów ZeaSoft jest modelem rekomendacyjnym. Ponieważ poprawność algorytmu modelu była badana podczas testowania systemu ZeaSoft, dlatego w niniejszej pracy skoncentrowano uwagę na walidacji wyników z Modelu. W tym celu porównano je ze zbiorem danych referencyjnych, generowanych przy pomocy Modelu optymalizacyjnego NPK (rys. 2). Zakres walidacji Modelu doboru nawozów ZeaSoft objął:

- sprawdzenie poprawności kalkulacji ilości nawozów na podstawie zadanych dawek NPK,
- ocena błędu obliczania i zawyżenia kosztów nawozów.

Model optymalizacyjny NPK [Zaliwski 2012] oblicza ilość nawozów w $[\text{kg}\cdot\text{hm}^{-1}]$, wybierając z listy nawozów taki zestaw, który przy spełnieniu dawki NPK, charakteryzuje się najmniejszym kosztem w $[\text{zł}\cdot\text{hm}^{-1}]$. Model w konwencji programowania liniowego [Murty 2003] można opisać następująco:

$$\text{Minimalizuj} \quad k = \sum I_i \cdot c_i \quad (2)$$

przy ograniczeniach:

$$\begin{aligned} N - \sum n_i \cdot I_i &\leq d \leq N + \sum n_i \cdot I_i \\ P - \sum p_i \cdot I_i &\leq d \leq P + \sum p_i \cdot I_i \\ K - \sum k_i \cdot I_i &\leq d \leq K + \sum k_i \cdot I_i \end{aligned}$$

gdzie:

- k – koszt nawozów razem $[\text{zł}\cdot\text{hm}^{-1}]$,
- i – indeks nawozu, $i = \{ 1, 2, 3.. \}$,
- I_i – ilość nawozu „ i ” $[\text{kg}\cdot\text{hm}^{-1}]$,
- c_i – cena nawozu „ i ” $[\text{zł}]$,
- N, P, K – dawki składników N, P, K $[\text{kg}\cdot\text{hm}^{-1}]$,
- n_i, p_i, k_i – zawartość składników N, P, K w nawozie „ i ” [%],
- d – dokładność obliczeń (przyjęto 0,001).

Przed przystąpieniem do walidacji zgromadzono dane o nawozach, aktualne na początku 2012 roku: nazwę nawozu, skład i cenę, wykorzystując do tego celu Internet. W sumie wybrano 12 nawozów mineralnych [Zaliwski 2012]. Jako dokładność „ d ” obliczeń sum składników pokarmowych w nawozach (wzór 2) przyjęto wartość 0,001. Dokładność ta jest co najmniej 10 razy większa niż dokładność prezentacji wyników przez ZeaSoft.

Model wybrał nawozy i zoptymalizował ich dawki.
Wybrane nawozy spełniają dawkę w 100 %

Wpisz dawki NPK [kg/ha]:

N ₂ :	224,5
P ₂ O ₅ :	171,9
K ₂ O:	323,4

Wybierz nawozy (zaznacz najmniej 3):

Zaznacz	Nawóz	Cena
<input checked="" type="checkbox"/>	Mocznik 46% (N)	1555
<input type="checkbox"/>	RSM 32%N (N)	1180
<input type="checkbox"/>	Saletra amonowa 34% (N)	1450
<input type="checkbox"/>	Saletrzak 28-0-0% (N)	1250
<input checked="" type="checkbox"/>	Superfosfat wzbogacony (P)	1750
<input type="checkbox"/>	Fosforan amonu 18-46-0% (P)	2140
<input type="checkbox"/>	Superfosfat prosty gran. (P)	995
<input type="checkbox"/>	Polifoska 8-24-24% (P)	2090
<input checked="" type="checkbox"/>	Sól potasowa 60% (K)	2030
<input type="checkbox"/>	Siarczan potasowy 50% (K)	2050
<input type="checkbox"/>	NPK 8-19-29% (K)	1730
<input type="checkbox"/>	Polifoska 6-20-30% (K)	2079

Źródło: Model optymalizacyjny NPK

- Rys. 2. Model optymalizacyjny NPK. Nawozy na liście po prawej stronie są uporządkowane w kolejności rosnącej ceny za 1 kg czystego składnika. Litera N, P lub K w nawiasie za nazwą oznacza główny składnik nawozu
- Fig. 2. NPK Optimization Model. Fertilizers on the list on the right-hand side are ordered by rising price for 1 kg of pure nutrient. Letters N, P or K in brackets after the fertilizer name signify the main nutrient of the fertilizer

- Dane te posłużyły jako dane wejściowe zarówno dla systemu ZeaSoft jak i Modelu optymalizacyjnego NPK (rys. 1 i 2). Proces walidacji przebiegał w następujących etapach:
- obliczenie dawek NPK [$\text{kg}\cdot\text{hm}^{-1}$] w systemie ZeaSoft i wprowadzenie obliczonych dawek do Modelu optymalizacyjnego NPK,
 - uruchomienie Modelu optymalizacyjnego, odczyt wyników, zapis do arkusza kalkulacyjnego,
 - wprowadzenie zestawu nawozów podanych w rozwiązaniu przez Model optymalizacyjny do systemu ZeaSoft przez zaznaczenie ich na liście nawozów (rys. 1), uruchomienie obliczeń, odczyt wyników, zapis do arkusza kalkulacyjnego.

Walidację powtarzano poczynając od etapu b), eliminując z listy nawozów (rys. 2) za każdym razem jeden z nawozów podanych w poprzednim rozwiązaniu przez Model optymalizacyjny. Każde rozwiązanie zapisywano do arkusza kalkulacyjnego. Rozwiązanie stanowiły: nazwy nawozów zestawu podanego przez Model optymalizacyjny, ich ceny, ilości, zawartości składników pokarmowych i koszt zestawu (suma kosztów poszczególnych nawozów) oraz ilości i koszt nawozów podane przez system ZeaSoft. Następnie porównano wyniki obliczeń Modelu optymalizacyjnego i systemu ZeaSoft w arkuszu kalkulacyjnym. W sumie wykonano 11 powtórzeń procesu walidacji.

Do oceny błędu kosztów nawozów zastosowano następujący wzór:

$$Z_K = 100 \cdot (\sum K_j \cdot N_R^{-1} - K_o) \cdot K_o^{-1} \quad [\%] \quad (3)$$

gdzie:

- Z_K – średnie zawyżenie kosztu nawozów w rozwiązaniach poprawnych,
- K_j – koszt nawozów w rozwiązaniu „j” [$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-1}$],
- j – indeks rozwiązania, $j = \{ 1.. N_R \}$,
- N_R – liczba wszystkich rozwiązań poprawnych (spełniających dawki NPK),
- K_o – koszt rozwiązania optymalnego w zbiorze wszystkich nawozów [$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-1}$].

Wyniki walidacji i dyskusja

W celu sprawdzenia poprawności kalkulacji ilości nawozów na podstawie zadanych dawek NPK przebadano 11 rozwiązań podanych przez Model optymalizacyjny NPK, w tym 9 rozwiązań poprawnych (spełnienie dawki 100%) i dwa rozwiązania niepoprawne (podane nawozy nie spełniały dawki). ZeaSoft potwierdził poprawność 8 spośród 9 rozwiązań poprawnych, dla jednego podał poprawność 99,7%. Wynik ten świadczy, że algorytm Modelu doboru nawozów ZeaSoft nie jest do końca przetestowany. Natomiast obydwa rozwiązania niepoprawne zostały prawidłowo zgłoszone przez system ZeaSoft.

W ramach oceny błędu kosztów nawozów oceniono błąd obliczeń oraz zawyżenie kosztów spowodowane nieoptymalnym wyborem nawozów.

Błąd obliczeń ZeaSoft ustalono przez porównanie kosztów rozwiązań poprawnych Modelu optymalizacyjnego NPK i ZeaSoft. Stwierdzono, że nie licząc wspomnianego przypadku o poprawności 99,7% występujące minimalne różnice wynikają z zaokrągleń zastosowanych w algorytmie systemu ZeaSoft.

Zawyżenie kosztów spowodowane nieoptymalnym wyborem nawozów w ZeaSoft wynika z przyjętego założenia, że zadaniem Modelu doboru nawozów nie miało być zalecanie najtańszej kombinacji nawozów. To użytkownik dokonuje wyboru nawozów, ZeaSoft natomiast sprawdza tylko poprawność spełnienia dawek w wybranym przez użytkownika zestawie i podaje koszt rozwiązania. Przy założeniu posiadania określonych nawozów stanowi to niewątpliwie zaletę, ale jest wadą w przypadku konieczności ich zakupu, co zapewne często ma miejsce w praktyce. Zachodzi wobec tego potrzeba oceny wielkości zawyżenia kosztów w porównaniu z wyborem optymalnym. Do określenia zawyżenia kosztów użyto wzoru (3), a jako dane wykorzystano wyniki dla 11 zestawów nawozów obliczonych w Modelu optymalizacyjnym NPK.

Stwierdzono, że przypadkowy wybór nawozów przez użytkownika prowadzi do znacznego zawyżenia kosztu nawozów w porównaniu z doborem ekonomicznie optymalnym. Zawyżenie to wyniosło średnio 15% dla użytego zbioru danych o 12 nawozach. Stwierdzono także, że uporządkowanie nawozów w kolejności rosnącej ceny za 1 kg czystego składnika oraz podanie głównego składnika przy każdym nawozie może być cenną wskazówką dla użytkownika. Wynikiem takiego uporządkowania było ograniczenie zawyżenia kosztu nawozów z 15% do poniżej 7% dla wykorzystywanego zbioru danych.

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzenie walidacji Modelu doboru nawozów z zastosowaniem Modelu optymalizacyjnego NPK (11 zestawów nawozów) umożliwiło wyciągnięcie następujących wniosków:

1. System ZeaSoft poprawnie oblicza ilość nawozów (błąd w zakresie założonej precyzji obliczeń). Niemniej wystąpienie jednego przypadku, w którym poprawność obliczeń wyniosła 99,7% świadczy o przeoczoną podczas testowania programu błędzie algorytmu.
2. ZeaSoft poprawnie zgłasza brak rozwiązania.
3. Przypadkowy wybór nawozów prowadzi do znacznego zawyżenia kosztu nawozów w porównaniu z doбором ekonomicznie optymalnym. Zawyżenie to wyniosło średnio 15% dla użytego zbioru danych o 12 nawozach.
4. Stwierdzono, że uporządkowanie nawozów w kolejności rosnącej ceny za 1 kg czystego składnika ograniczyłoby zawyżenie kosztu nawozów w znacznym stopniu (do poniżej 7% dla użytego zbioru danych).

Należy zauważyć, że 11 badanych zestawów nawozów nie wyczerpuje wszystkich kombinacji możliwych przy liczbie badanych nawozów równej 12, dlatego podane liczby zawyżenia kosztów 7% i 15% są tylko pewnym przybliżeniem. Ustalenie wszystkich możliwych rozwiązań wymagałoby zapewne, ze względu na czasochłonność, zastosowania osobnego oprogramowania do wyboru zestawów i sprawdzenia ich poprawności przy użyciu Modelu optymalizacyjnego NPK. Wynikiem ich użycia do walidacji ZeaSoft byłyby rzeczywiste wartości średnie zawyżenia kosztów Z_k . Ze względu na czasochłonność takiego postępowania przyjęto drogę krótszą, ale jednak pozwalającą na uzyskanie określonego wglądu w następstwa braku optymalizacji kosztów. Za wykorzystaniem w walidacji ograniczonej liczebnie próby danych świadczy również fakt, że asortyment nawozów dostępnych na rynku zapewne znacznie przewyższa 12 i może się zmieniać. Ceny nabycia nawozów także są zróżnicowane przestrzennie i nie są wolne od fluktuacji w czasie.

Podsumowując należy podkreślić, że z przeprowadzenia walidacji systemu ZeaSoft wynika bezpośrednia korzyść jaką jest Model optymalizacyjny NPK, nowe narzędzie dostępne w Internecie [Zaliwski 2012], które może być stosowane samodzielnie do doboru nawozów do zadanej dawki NPK.

Bibliografia

- Cupiał M. (2005): Program wspomagający nawożenie mineralne "NAWOZY 2". Inżynieria Rolnicza, 14(74), 65-68.
- Jadczyzsyn T. (2001): Model for calculation the amount of nutrients in manure "SFOM". Nawozy i Nawożenie, 1(6), 40-50.
- Jadczyzsyn T., Pietruch C. (2003): System doradztwa nawozowego NawSald. Wiś Jutra, 10, 21-22.
- Krupa K. (2008): Modelowanie, symulacja i prognozowanie. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, ISBN: 978-83-204-3426-2.

- McCarl B.A., Spleen T.H.** (2003): Applied Mathematical Programming Using Algebraic Systems [on-line], [dostęp 12-03-2012], Dostępny w Internecie: <http://agecon2.tamu.edu/people/faculty/mccarlb-ruce/books.htm>
- Murty K.G.** (2003): Optimization Models for Decision Making: Volume 1 (Junior Level) [on-line], [dostęp 12-03-2012], Dostępny w Internecie: http://ioe.engin.umich.edu/people/fac/books/murty/opti_model
- Raman S.** (2006): Agricultural Sustainability: Principles, Processes, And Prospects. Food Products Press, An Imprint of The Haworth Press, New York - London - Oxford, ISBN-10: 1-56022-311-1.
- Rosenthal R.E.** (2012): GAMS - A User's Guide [on-line], [dostęp 12-03-2012], Dostępny w Internecie: <http://www.gams.com/dd/docs/bigdocs/GAMSUsersGuide.pdf>
- Zaliwski A.S.** (2009): System wspomaganie decyzji w wyborze odmiany kukurydzy (ZeaSoft). Studia i Raporty IUNG-PIB, 16, 83-96.
- Zaliwski A.S.** (2012): Model optymalizacyjny doboru nawozów do dawki NPK [on-line], [dostęp 12-03-2012], Dostępny w Internecie: <http://www.ipm.iung.pulawy.pl/npkmodel/NPKModel.aspx>
- Zaliwski A.S., Hołaj J.** (2005): ZEASOFT - System wspomaganie decyzji w uprawie kukurydzy. Inżynieria Rolnicza, 14(74), 385-393.
- Zaliwski A., Lipski S., Górski T., Jadczyzyn T., Machul M., Pietruch C., Hołaj J.** (2004): Interaktywny program zintegrowanej uprawy kukurydzy (ZEASOFT) [on-line], Raport końcowy z badań, IUNG-PIB, Puławy, [dostęp 12-03-2012], Dostępny w Internecie: www.zazi.iung.pulawy.pl/Documents/Raport_2-01_2004.pdf
- Zaliwski A.S., Nieróbca A.** (2010): Walidacja systemu wspomaganie decyzji ZeaSoft - modele plonów. Inżynieria Rolnicza, 7 (125), 253-259.
- Zaliwski A. S., Pietruch C.** (2007): Narzędzia informatyczne w produkcji roślinnej. Inżynieria Rolnicza, 2(90), 333-339.
- Oferta IUNG PIB [on-line], Puławy, IUNG-PIB, 2011, [dostęp 12-03-2012], Dostępny w Internecie: <http://www.iung.pulawy.pl>
- ZeaSoft: Literatura [on-line], Puławy, IUNG-PIB, 2012, [dostęp 12-03-2012], Dostępny w Internecie: <http://www.zazi.iung.pulawy.pl/Documents/ZeasoftLiteratura.htm>

VALIDATION OF THE DECISION SUPPORT SYSTEM ZEASOFT – FERTILIZATION MODULE

Abstract. Validation of the Fertilizer Selection Model was carried out in ZeaSoft model of fertilization with the use of optimisation model of fertilizers selection to NPK rate written in GAMS. The validation consisted in the comparison of the results from ZeaSoft (selection of fertilizers by the user) with the results from the NPK Optimization Model (automatic fertilizer selection according to the present criteria) for the same input data (sets of mineral fertilizers). The fertilizer selection correctness in the solutions given by both models was checked in terms of the fertilizer amount and cost. It was determined that for the eleven fertilizer sets used as input, ZeaSoft calculated the fertilizer amount with the correctness of 100% in eight cases, in one case the correctness was 99.7% and twice the lack of solution was correctly reported. In the solutions calculated by ZeaSoft from user random input the cost of fertilizers was higher on average by 15% in comparison to the optimal solution. Ordering the fertilizers by pure nutrient cost in the list presented to the user by ZeaSoft would reduce that difference to below 7%.

Key words: validation, decision support system, fertilization, fertilizer quantity, optimization model, linear programming, GAMS

Adres do korespondencji:

Andrzej Zaliwski; e-mail: andrzej.zaliwski@iung.pulawy.pl
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy