

**Jacek Wawrzynowicz,
Karol Wajszczuk,
Rafał Baum¹
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu**

Znaczenie systemu rolnictwa precyzyjnego w logistyce produkcji

Wstęp

Zastosowanie technologii ICT (Information and Communications Technology) we współczesnych systemach produkcji rolnej stanowi dzisiaj główny trend rozwoju i postępu technologicznego w sektorze rolnictwa. Doświadczenia praktyki rolniczej wykazują, iż duża zmienność glebowa i agrotechniczna, jaka zachodzi w obrębie pól pojedynczego przedsiębiorstwa rolnego, implikuje zmienne zapotrzebowanie roślin na środki produkcji. Zgodnie z przyjętą w literaturze nomenklaturą rolnictwo precyzyjne określa się mianem systemu rolnictwa precyzyjnego [Faber 1998a i 1998b, Jadczyzyn 1998]. Biorąc powyższe pod uwagę, nie ulega wątpliwości, iż jednym z istotnych przyszłościowych systemów produkcji jest i będzie rolnictwo precyzyjne, którego istota polega na stosowaniu zróżnicowanej, odpowiedniej do rzeczywistych potrzeb, aplikacji środków produkcji w obrębie pola uprawnego [Stafford, 2000].

Dzięki szybkiemu rozwojowi systemów rolnictwa precyzyjnego, obecnie staje się możliwe stosowanie zróżnicowanych dawek nawozów, środków ochrony roślin, nasion i innych środków produkcji, wynikające ze zróżnicowanego miejscowo zapotrzebowania. Na podstawie przeprowadzonego studium literatury przedmiotu stwierdza się, iż trudno jednoznacznie wskazać definicję rolnictwa precyzyjnego. Spośród wielu terminów angielskich najlepiej sens oddają: precision farming, site-specific farming, site specific crop management, site specific application. Poniżej przedstawiona definicja jest kompilacją wymienionych wyżej terminów. Rolnictwo precyzyjne jest to strategia zarządzania, która na podstawie oceny specyficznych cech roślin, ich środowiska, zdrowotności i okresowej zmienności warunków atmosferycznych, umożliwia stosowanie zmiennych dawek środków ochrony, nawozów, nasion itp. lub parametrów roboczych maszyn w celu optymalnego wykorzystania zasobów gleby i potencjału produkcyjnego roślin przy minimalnych zagrożeniach dla środowiska [Hołownicki 2008]. Rolnictwo precyzyjne jest systemem rolniczym wykorzystującym wysoko rozwinięte technologie nawigacyjne i informatyczne – satelitarne systemy lokalizacyjne (GPS – Global Positioning System) oraz metody pozyskiwania i przetwarzania danych o charakterze przestrzennym (GIS – Geographic Information System) [Gozdowski i in. 2007].

W rolnictwie precyzyjnym kluczową rolę pełni technologia GPS, a jakość pracy wykonywanej przez maszyny współpracujące z tą technologią zależy od dokładności sygnałów z satelitarnego referencyjnego

¹ mgr Jacek Wawrzynowicz, dr inż. Karol Wajszczuk, dr Rafał Baum; Katedra Zarządzania i Prawa, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań, e-mail: jacekwaw@up.poznan.pl wajszczuk@up.poznan.pl; baum@up.poznan.pl.

systemu globalnego pozycjonowania (DGPS Differential Global Positioning System). Zakłócenia sygnałów mogą być powodowane przez czynniki zewnętrzne np. zakłócenia w jonosferze bądź błędy zegara odbiornika. Jednakże dodatkowe sygnały korekcyjne poprawiają błędy przesyłanych sygnałów. Odbywa się to za pomocą dwóch odbiorników GPS. Jeden to stacja referencyjna umieszczona w danym miejscu na ziemi, natomiast drugi znajduje się wewnątrz pracującej maszyny. Stacja naziemna odbiera sygnał satelitalny i transmituje go do odbiornika w maszynie za pomocą satelitów geostacjonarnych. Najwyższą precyzję gwarantuje system korekcji błędów RTK (Real Time Kinematic). Dla działania tego systemu konieczna jest własna stacja referencyjna, która jest instalowana w obrębie pól, na których prowadzone są określone zabiegi agrotechniczne. W ten sposób uzyskiwana jest kilkucentymetrowa dokładność przeprowadzanych czynności w procesie produkcyjnym. Przy wykorzystaniu GPS dokonuje się pomiaru powierzchni, badania zasobności w składniki pokarmowe, zbierania informacji o plonach i tworzenie tzw. map plonów. Zebrane informacje są wykorzystywane podczas procesu zmiennego dawkowania nawozów VRA (Variable Rate Application). Proces umożliwia zaplanowanie rozsiania dawki określonych nawozów, zgodnie z wymaganiami danej strefy zasobności wg informacji pozyskiwanych z elektronicznej mapy aplikacyjnej. System ten umożliwia dokładne nawożenie w czasie rzeczywistym. Pomiar plonu również monitorowany przez system GPS umożliwia uzyskanie mapy plonów dającej informację, w jakiej części pola jaki plon został uzyskany. Często podczas wykonywania zabiegów takich jak: siew, nawożenie, opryski itd. dochodzi do powstawania błędów w postaci tzw. *zakładek*, polegających na powtórzeniu zabiegu na tym samym obszarze. Innym błędem jest powstawanie tzw. *mijków*, polegających na pominięciu danego fragmentu pola. W celu uniknięcia wyżej wymienionych błędów stosuje się system jazdy równoległej. Polega on na współpracy zamontowanego w maszynie urządzenia do jazdy równoległej z sygnałem GPS w wyniku czego komputer wskazuje prawidłowy, równoległy do poprzedniego, tor jazdy określonej maszyny.

Logistyka produkcji zajmuje się sprawną organizacją całego systemu produkcyjnego w zakresie obsługi fizycznych procesów przepływu i magazynowania oraz strumieni informacyjnych sterujących tymi przepływami. Przepływy fizyczne w sferze logistyki produkcji dotyczą m.in.:

- transportu wewnętrznego środków produkcji,
- technologicznych czynności manipulacyjnych towarzyszących produkcji,
- obsługi zapasów środków produkcji oraz zapasów produkcji w toku.

Obszar obiektów logistyki produkcji charakteryzuje się tym, że obiekty te podlegają w obrębie produkcji ciągłej przemianie wskutek procesów obróbki i przetwarzania i tym samym stawiają różne wymagania logistyce podczas przepływu strumienia towarów. Procesy produkcyjne i czynności logistyczne są ze sobą ściśle powiązane, częściowo nawet zintegrowane [Pfohl Ch., 2001].

Do obszarów działań: eksploatacji infrastruktury i zużycia zasobów (np. zużycia materiałów i energii) generujących koszty logistyki produkcji, jest zaliczane m.in. zarządzanie przepływem materiałowym w fazie produkcji na poziomie bieżącym, czyli sterowanie zaopatrzeniem stanowisk pracy, sterowanie przepływem

materiałów i ich śródprodukcyjnym magazynowaniem, zarządzanie zapasami, reagowanie i korygowanie w przypadku zmian planów [Wajszczuk, Wawrzynowicz, Śliwczyński 2010b s. 26-27].

Celem pracy jest określenie znaczenia systemu rolnictwa precyzyjnego w logistyce produkcji przedsiębiorstw rolnych.

Materiał i metoda

W celu określenia znaczenia i powiązań w procesach produkcyjnych i logistycznych wykorzystano metodologię analizy modeli referencyjnych procesów biznesowych. W wyniku badań przeprowadzonych w 18 wielkoobszarowych przedsiębiorstwach rolnych, zlokalizowanych w Wielkopolsce zgromadzono odpowiednie dane o strukturze i hierarchii procesów biznesowych i logistycznych. Do badań wykorzystano celowo dobrane przedsiębiorstwa wieloobektowe o zróżnicowanym ukształtowaniu rozłogu i powierzchni powyżej 500 ha UR. Przedsiębiorstwa te prowadziły typową produkcję rolniczą o zbliżonej strukturze. W wyniku przeprowadzenia procedury mapowania procesów w badanych przedsiębiorstwach dokonano identyfikacji procesów biznesowych i logistycznych występujących w badanych przedsiębiorstwach, w wyniku czego stworzono modelowe mapy procesów logistycznych stanowiące podstawę do opracowania modeli referencyjnych procesów logistycznych w odniesieniu do procesów zaopatrzenia, produkcji i dystrybucji wskazanych produktów lub grup produktów rolnych. Mapowanie procesów logistycznych odbywało się na podstawie uzyskanych informacji w przedsiębiorstwach w odniesieniu do konkretnego produktu. Następnie, wykorzystując metodykę dekompozycji procesu Daly'go i Freemana [1997], budowano dla tego produktu strukturę procesu, w którym identyfikowano podprocesy, podprocesom przypisywano określone działania i na końcu odpowiednim działaniom przyporządkowano zadania agregujące z kolei szereg elementarnych czynności. Analiza modeli referencyjnych procesów biznesowych polegała na wyodrębnianiu czynności logistycznych z zadań typowo nielogistycznych o charakterze produkcyjnym z punktu widzenia głównego kryterium, jakim był cel realizacji zadania. Analiza ta miała na celu wskazanie czynności logistycznych nazwanych *logistycznymi technologicznymi czynnościami manipulacyjnymi (LTCM)*, których wykonywanie jest wspomagane przez systemy rolnictwa precyzyjnego. Jako główne kryterium definiujące i wyodrębniające czynności logistyczne w zadaniach produkcyjnych przyjęto przede wszystkim tożsamą ilość dostarczanych środków produkcji do procesu produkcji z ilością tychże środków transportowanych i dozowanych w samym procesie produkcyjnym. Dodatkowo stwierdzono duży udział kosztów wykonywanych logistycznych czynności manipulacyjnych w zadaniach produkcyjnych.

Wyniki

W celu wyodrębnienia z procesów biznesowych występujących w przedsiębiorstwach rolnych zadań stricte logistycznych, w modelach referencyjnych dokonano oznaczeń poszczególnych zadań logistycznych na L lub NL, czyli podziału zadań na: logistyczne i nielogistyczne [Wajszczuk K., Wawrzynowicz J.,

Śliwczyński B., 2010a]. W tabeli 1 przedstawiono model referencyjny procesów biznesowych i logistycznych dla grupy roślin zbożowych, oleistych i innych o zbliżonej technologii produkcji. Dla uproszczenia ze względu na złożoność i dużą liczbę podprocesów, działań i zadań przedstawiono tylko wybrane i przykładowe elementy procesów.

Tab. 1. Model referencyjny procesów logistycznych dla wybranych podprocesów, działań i zadań w produkcji zbóż, rzepaku i innych roślin o podobnej technologii uprawy.

PRODUKT	PROCES	PODPROCES	DZIAŁANIE	ZADANIE	ZNACZNIK LOGISTYCZNY
Produkty uprawy roślin zbożowych, oleistych i innych o zbliżonej technologii uprawy	ZAOPATRZENIE	Planowanie potrzeb materiałowych	Analiza zapatrzienia	Analiza zapotrzebowania na materiał siewny	L*
		Poszukiwanie dostawców	Tworzenie zamówienia ofertowego	Tworzenie zamówienia ofertowego na dostawę materiału siewnego	L
		Zamawianie i zakup materiałów	Składanie zamówień	Składanie zamówień na nawozy	L
	PRODUKCJA	Uprawa	Orka zimowa	Przygotowanie zestawu do pracy	L
		Nawożenie	Nawożenie mineralne	Dojazd zestawu na pole	L
		Ochrona roślin	Oprysk	Praca zestawu na polu	NL**
		Zbiór	Zbiór plonu głównego	Transport plonu do magazynu	L
	DYSTRYBUCJA	Magazynowanie uzyskanej produkcji	Przyjęcie na magazyn	Rozładunek uzyskanej produkcji i rozmieszczenie w magazynie	L
		Poszukiwanie odbiorców	Kwalifikacja odbiorców	Wybór odbiorców na poszczególne produkty	L
		Transport produktów do odbiorców	Załadunek	Przygotowanie zestawu transportowego	L

* oznacza zadanie o charakterze logistycznym

** oznacza zadanie o charakterze nielogistycznym

Źródło: Wajszczuk K., Wawrzynowicz J., Śliwczyński B., *Modele referencyjne procesów biznesowych dla potrzeb identyfikacji, analizy i kalkulacji kosztów logistyki w przedsiębiorstwach rolnych*. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw*, nr 3, Warszawa, 2010a.

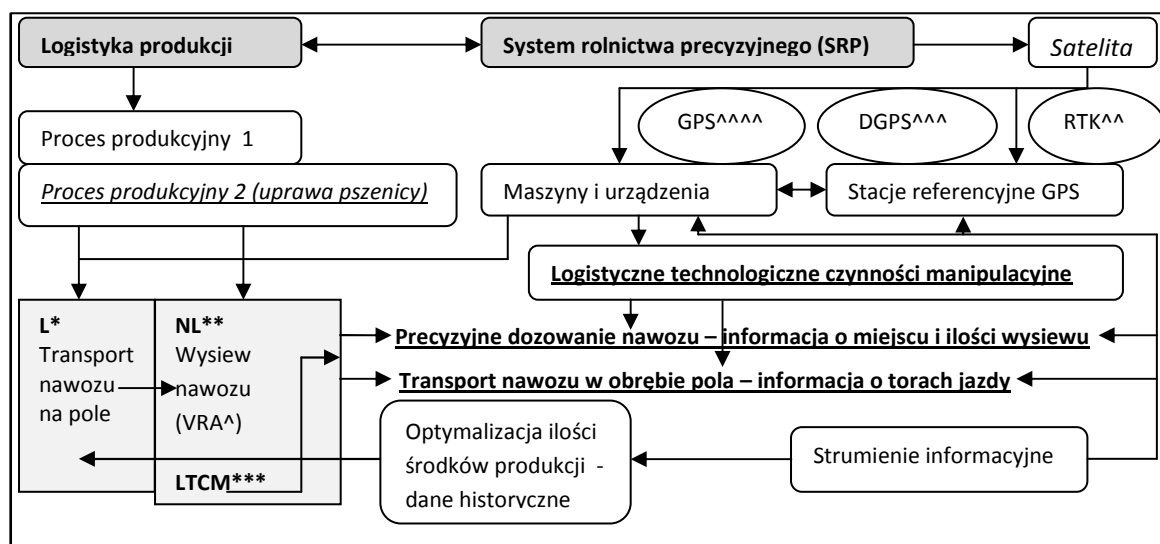
W podziale zadań na logistyczne i nielogistyczne jako kryterium główne wybrano cel realizacji zadania. W logistyce produkcji celem zadań typowo logistycznych jest realizacja funkcji logistycznych, czyli np. dostarczenie wszelkich środków produkcji, środków wspomagających z miejsca magazynowania lub bezpośrednio od dostawcy do procesu produkcyjnego np. załadunek, transport i rozładunek do siewnika materiału siewnego, nawozu itd. Natomiast zadania nielogistyczne związane są bezpośrednio z realizacją celów produkcyjnych np. wysiew nasion do gleby.

W czynnościach sklasyfikowanych jako NL (nielogistyczne) ze względu na ich charakter zaangażowania w cele stricte produkcyjne wyodrębniono tzw. logistyczne technologiczne czynności manipulacyjne noszące

znamiona czynności logistycznych czyli transport i wyładunek (dozowanie). Na przykład przy zadaniu jakim jest wysiew nawozu, mimo czynności produkcyjnej czyli wysiewu nawozu (dostarczanie nawozu do gleby) nawóz jest transportowany i aplikowany za pomocą rozsiewacza, co stanowi logistyczną czynność manipulacyjną. W związku z powyższym w klasycznym podziale procesów logistycznych w części zadań NL – typowo ukierunkowanych na osiągnięcie celów produkcyjnych, występują czynności o charakterze logistycznym - *logistyczne technologiczne czynności manipulacyjne*. Dotyczą one z reguły tego samego wolumenu środków produkcji występujących w typowych zadaniach L (logistycznych) związanych z dostarczaniem tych środków produkcji bezpośrednio do procesu produkcyjnego. W związku z tym - zarówno podczas transportu z magazynu na pole, jak i transportu podczas wysiewu nawozu - ilość przemieszczanego nawozu jest taka sama. Jedynie podczas wysiewu w trakcie realizacji zadania produkcyjnego ilość nawozu sukcesywnie się zmniejsza. Ze względu na specyfikę logistyki produkcji w przedsiębiorstwach rolnych w stosunku do przedsiębiorstw innych branż np. przemysłowych, polegającą na znaczących czynnościach transportowych w samym procesie produkcji, system rolnictwa precyzyjnego odgrywa ważną rolę we wspomaganiu *logistycznych technologicznych czynności manipulacyjnych*. W znacznej mierze czynności są wykonywane przez maszyny i urządzenia, jednakże w wyniku zastosowania systemu rolnictwa precyzyjnego modyfikacji ulega również charakter pracy ludzkiej, która jest w znacznej mierze zautomatyzowana. Większość dotychczasowych czynności takich jak sterowanie pojazdami i koordynacja pracy urządzeń jest obsługiwana przez komputer kompensujący, analizujący i modyfikujący dane, np. z GPS, w celu kierowania określonym zadaniem produkcyjnym czy logistycznym. Ważną rolę we wspomaganiu logistyki produkcji odgrywają strumienie informacyjne sterujące tymi przepływami. Systemy rolnictwa precyzyjnego zapewniają dostarczenie odpowiedniej informacji o warunkach glebowych (zasobność gleby w składniki pokarmowe), torach jazdy maszyn i urządzeń, plonach, zapotrzebowaniu na środki produkcji.

Na bazie powyższych rozważań, w przeprowadzonych badaniach empirycznych podjęto próbę zdefiniowania *logistycznych technologicznych czynności manipulacyjnych*. Według autorów niniejszej pracy *LTCM* należy określać jako wszelkie działania realizowane przez maszyny i urządzenia wspomagane przez innowacyjne rozwiązania technologiczne związane z przemieszczaniem i dozowaniem towarów w obrębie określonego procesu produkcyjnego w celu osiągnięcia zamierzonego efektu tego procesu, a jednocześnie noszące znamiona czynności logistycznych

Rys. 1. Zastosowanie systemu rolnictwa precyzyjnego w logistyce produkcji.



*L – zadania logistyczne

**NL – zadania nielogistyczne

**LTCM – logistyczne technologiczne czynności manipulacyjne

^ VRA (Variable Rate Application) - zmienne dawki nawozów

^^ RTK (Real Time Kinematic) - system korekcji błędów

^^^ DGPS (Differential Global Positioning System) - satelitalny referencyjny system globalnego pozycjonowania

^^^^ GPS (Global Positioning System) – system globalnego pozycjonowania

Źródło: Opracowanie własne

Przedstawiony na rys. 1 schemat powiązania logistyki produkcji z systemami rolnictwa precyzyjnego ma na celu wskazanie rozwiązań rolnictwa precyzyjnego w obszarze logistyki produkcji, które mają wpływ na efekt realizacji zadań typowo logistycznych oraz czynności logistycznych w zadaniach typowo produkcyjnych określanych mianem nielogistycznych. Dla przykładowego procesu produkcyjnego nr 2 (np. uprawa pszenicy) przedstawiono dwa przykładowe rodzaje zadań, tzn. logistyczne i nielogistyczne, czyli produkcyjne. Oprócz przeznaczenia produkcyjnego w zadaniu nielogistycznym występują *LTCM*, które zajmują się transportem i aplikowaniem środków produkcji bezpośrednio do gleby jako miejsca docelowego tych środków produkcji w procesie produkcyjnym. W efekcie zidentyfikowano w procesach produkcyjnych czynności o charakterze logistycznym, które w wyniku stosowania systemów rolnictwa precyzyjnego mają bezpośrednio wpływ na efektywność logistyki produkcji i potencjalne obniżenie kosztów produkcji. Dodatkowo, w oparciu o gromadzone informacje w wyniku precyzyjnych pomiarów parametrów pól i zapotrzebowania na środki produkcji, można optymalizować ilość tychże środków dostarczanych z magazynów na miejsce produkcji. W konsekwencji potencjalnie dochodzi do zmniejszenia ilości transportowanych środków produkcji, których zapotrzebowanie w procesie produkcji zostaje precyzyjniej określone.

Niewątpliwie do efektów wspierających i usprawniających logistykę produkcji w wyniku zastosowania rozwiązań rolnictwa precyzyjnego można przypisać:

- usprawnienie realizacji poszczególnych elementów procesu produkcji,
- zwiększenie funkcjonalności i dokładności pracy maszyn i urządzeń,
- precyzyjną i w efekcie mniej kosztowną aplikacją środków produkcji,

- niższe koszty transportu środków produkcji z magazynu bądź od dostawcy na miejsce produkcji,
- niższe koszty energii i paliw przy czynnościach załadunkowych w magazynach i czynnościach rozładunkowych w miejscu docelowym,
- niższe koszty paliw przy transporcie na miejsce produkcji,
- możliwość planowania zapotrzebowania na transport plonów z określonych części pól (pomiar plonów – mapy plonów),
- możliwość precyzyjnego planowania ilości transportowanych środków produkcji z magazynu na miejsce produkcji,
- usystematyzowanie informacji o procesach produkcyjnych – np. znajomość dawkowania środków produkcji i wysokości plonów na poszczególnych polach.

Natomiast do niewątpliwych mankamentów czy też barier zastosowania rozwiązań rolnictwa precyzyjnego można zaliczyć wysokie koszty inwestycyjne (urządzenia GPS, komputery pokładowe, stacje referencyjne itd.).

Z punktu widzenia producentów rolnych oraz producentów środków produkcji największym wyzwaniem stojącym przed rolnictwem precyzyjnym jest doprowadzenie do uzyskania opłacalności produkcji. Opłacalność ekonomiczna zainwestowania w systemy rolnictwa precyzyjnego jest trudna do oszacowania, choć korzyści dla środowiska są oczywiste. Jest ono dobrze widziane przez polityków, lecz na szeroką skalę przemysł zainwestuje w tą technologię tylko pod warunkiem osiągnięcia zysku (Stafford, 2007). Z pewnością koszty technologii z upływem czasu oraz wraz ze wzrostem ilości zastosowań ulegną obniżeniu, jednakże na dzień dzisiejszy zastosowanie tego typu systemów jest realne w wielkoobszarowych przedsiębiorstwach lub na zasadzie użytkowania zbiorowego przez kilku przedsiębiorców np. w przypadku naziemnych stacji referencyjnych.

Wnioski

1. Przeprowadzone badania i analizy wskazały na istotne znaczenie funkcjonowania systemów rolnictwa precyzyjnego z punktu widzenia optymalizacji realizacji procesów logistyki produkcji w przedsiębiorstwach rolnych.
2. W pierwszej kolejności w ramach zadań wykonywanych w procesach produkcji rolnej wyodrębniono czynności o charakterze logistycznym.
3. Następnie zaproponowana autorska definicja *LTCM* została pozytywnie zweryfikowana w przeprowadzonych badaniach. W efekcie analiza procesów logistycznych fazy produkcji potwierdziła występowanie w procesach typowo produkcyjnych (produkcja roślinna) *LTCM*.

4. Stosowanie systemów rolnictwa precyzyjnego może potencjalnie przyczyniać się do obniżania kosztów obsługi logistycznej procesów produkcyjnych. Zatem istnieje pilna potrzeba kwantyfikacji potencjalnych oszczędności w kosztach procesów produkcyjnych.
5. Logistyczne technologiczne czynności manipulacyjne obejmują w głównej mierze transport i dozowanie środków produkcji w procesach produkcyjnych w produkcji roślinnej.
6. W wyniku przeprowadzonych analiz wykazano specyfikę zadań produkcyjnych w procesach produkcyjnych w przedsiębiorstwach rolnych zawierających w swej strukturze również czynności o charakterze logistycznym.

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań i analiz, które wskazały istotne znaczenie funkcjonowania systemów rolnictwa precyzyjnego dla wspomagania i optymalizacji realizacji procesów logistyki produkcji rolnej.

The importance of precision farming system in the logistics of production

Summary

The article presents the results of research and analysis, which indicated the importance of function of precision farming systems to support and optimize the logistics processes of agricultural production.

Literatura:

- [1]. Daly D.C., Freeman T., *The Road to Excellence. Becoming a Process-Based Company*. Consortium for Advanced Manufacturing – International. Bedford, 1997.
- [2]. Faber A., *System rolnictwa precyzyjnego. I. Mapy plonów*. *Fragm. Agron.* 57, 1998a, 4-15.
- [3]. Faber A., *System rolnictwa precyzyjnego. II. Analiza i interpretacja map plonów*. *Fragm. Agron.* 57, 1998b, 16-27.
- [4]. Gozdowski D., Samborski S., Sioma S., *Rolnictwo precyzyjne*. SGGW, Warszawa, 2007.
- [5]. Hołownicki R., *Analiza możliwości zastosowania Rolnictwa Precyzyjnego w ogrodnictwie na podstawie dostępnych rozwiązań i stanu prac badawczo-rozwojowych*. Ekspertyza. Skierniewice, 2008.
- [6]. Jadczyzyn T., *System rolnictwa precyzyjnego. Nawożenie w rolnictwie precyzyjnym*. *Fragm. Agron.* 57, 1998, 28-39.
- [7]. Pfohl H. Ch., *Systemy logistyczne. Podstawy organizacji i zarządzania*. Biblioteka Logistyka, Poznań, 2001.
- [8]. Stafford J.V., *Implementing precision agriculture in the 21st century*. *Journal of Agricultural Engineering Research.* 76, 2000, 267–275
- [9]. Stafford J., *A Brief History of Precision Agriculture*. Book of Abstracts: 2nd Conference on Precision Crop Protection. Bonn. 10-12.10.2007.

- [10]. Wajszczuk K., Wawrzynowicz J., Śliwczyński B., *Modele referencyjne procesów biznesowych dla potrzeb identyfikacji, analizy i kalkulacji kosztów logistyki w przedsiębiorstwach rolnych*. *Ekonomika i Organizacja Przedsiębiorstw*, nr 3, Warszawa, 2010a.
- [11]. Wajszczuk K., Wawrzynowicz J., Śliwczyński B., *Koszty logistyki przedsiębiorstw rolnych. System informatyczny Agrologis*. ISBN 978-83-7160-594-9 Wydawnictwo UP w Poznaniu, 2010b.