

OCENA ZGODNOŚCI MAP APLIKACJI Z MAPAMI DAWEK ZAREJESTROWANYCH W PRZESTRZENIE ZMIENNYM NAWOŻENIU MINERALNYM

Mirosław Zagórda, Maria Walczyk

Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono porównanie informacji o ilości wysiewu nawozów mineralnych na mapach aplikacyjnych z ilością zarejestrowaną na mapach powstałych "w tle" podczas pracy rozsiewacza. Badania przeprowadzono dla trzech rodzajów nawozów, zastosowanych na polu z uprawą pszenicy ozimej. Aplikację nawozu oraz rejestrację jej przebiegu w postaci cyfrowej mapy wynikowej umożliwił program SiteMate VRA 9.3 firmy FarmWorks, zainstalowany w komputerze sterującym rozsiewaczem. Stwierdzono dużą zgodność w planowanych i wysianych dawkach zastosowanych nawozów.

Słowa kluczowe: nawożenie mineralne, mapa wykonania zabiegu

Wstęp

Efektywność nawożenia mineralnego jest uwarunkowana wieloma czynnikami, wśród których z technicznego punktu widzenia istotne jest równomierne rozprowadzenie nawozu na powierzchni pola. Współcześnie coraz większego znaczenia nabiera nawożenie ze zmienną dawką, dostosowaną do lokalnych potrzeb. Zabieg taki wykonuje się dzięki wprowadzeniu do techniki rolniczej elektroniki, w tym komputerów, sterowników i różnorodnych czujników oraz zaawansowanych technologii informacyjnych. [Muzalewski 2005]

Ważną rolę w przestrzennie zmiennym wykonaniu zabiegów polowych odgrywają mapy cyfrowe wykonania zabiegu tworzone w tle. Są one źródłem informacji na temat poprawności zastosowanych ustawień i wchodzi w skład bazy informacyjnej przebiegu wykonanego procesu, na podstawie której podejmowane są działania przyczyniające się do poprawy efektywności zarządzania [Rataj i Urbanovič 2002].

Cel i zakres badań

Celem opracowania było sprawdzenie hipotezy, iż w ilości nawozu określonego na podstawie map aplikacji M_{ma} i map wynikowych M_{mw} wystąpi różnica wskutek:

- błędów odwzorowania powierzchni poligonów o załamanych krawędziach, ponieważ wysiew nawozu przebiega wzdłuż linii prostej,
- błędów odwzorowania dawek planowanych, w pasie buforowym na granicy poligonów o różnych dawkach jednostkowych, wynikających z przesterowania rozsiewacza.

Badania obejmowały trzy rodzaje nawozów – saletrę amonową (34% N), fosforan amonu (46% P_2O_5 , 18% N) oraz sól potasową (60% K_2O), wysianych wiosną 2007 roku na polu z uprawą pszenicy ozimej o powierzchni 26 ha.

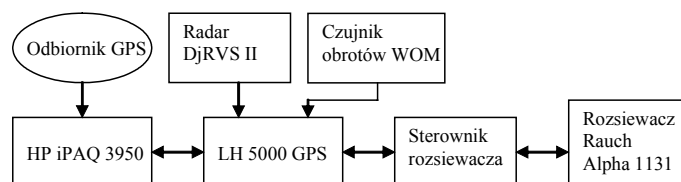
Metodyka

Przestrzennie zmienne zapotrzebowanie pszenicy ozimej na poszczególne nawozy, na podstawie których wykonano mapy aplikacyjne, określono na bazie wyników analizy chemicznej próbek gleby zebranych po zbiorze w poprzednim sezonie i założonej wysokości spodziewanego plonu średnio z hektara [Walczkova i Zagórda 2005].

Dla zastosowanych nawozów wyznaczono skład granulometryczny. Z każdego opakowania (500 kg) pobierano próbki, a następnie w laboratorium przesiewano przez sita o średnicy oczek 4, 3, 2 i 1 mm, wyznaczając procentowy udział powstałych w ten sposób frakcji.

Wysiewu nawozów dokonano rozsiewaczem Alpha 1131 firmy Rauch. Poprzez odpowiednią regulację tarcz rozsiewających ze względu na granulację nawozów, w każdym przypadku uzyskano efektywną szerokość roboczą na poziomie 18 m.

Schemat zestawu, za pomocą którego wykonano zmienne nawożenie, przedstawiono na rysunku 1. Za sterowanie wysiewem według dawek zadanych na mapach aplikacyjnych oraz rejestrację dawek wysianych (rzeczywistych) w postaci map wynikowych w tle (rys. 2) odpowiedzialny był program Site Mate VRA firmy FarmWorks, zainstalowany w komputerze typu palmtop z odbiornikiem GPS, stanowiącym uzupełnienie komputera pokładowego LH 5000 GPS (rys. 1).



Rys. 1. Schemat blokowy połączeń elementów systemu do zmiennego nawożenia

Fig. 1. Block diagram showing connections of elements in the system for changing fertilization

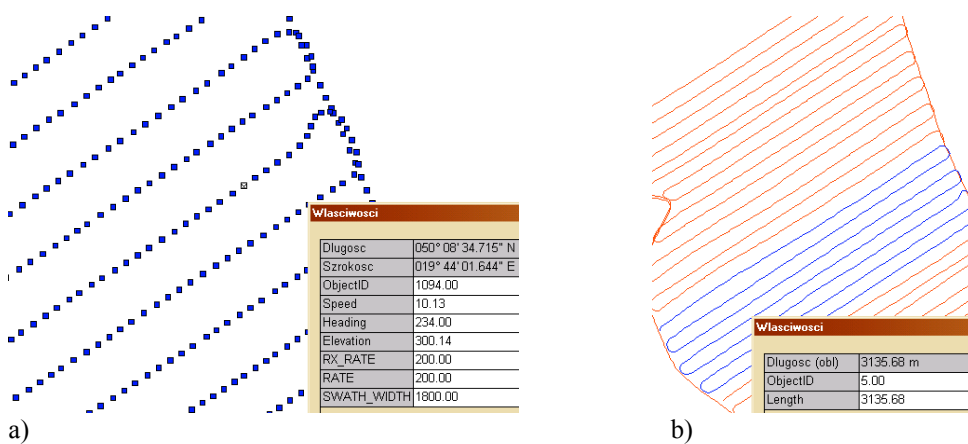
Ilość wysianego nawozu jest sumą iloczynów powierzchni poligonów (obszarów) i odpowiednich dawek jednostkowych. W odniesieniu do map aplikacji powierzchnie te są dokładnie obliczone w programie ArcView 3.3, a dawki są wartościami zadanymi, planowanymi.

W przypadku map wynikowych, tworzonych w tle podczas wykonywania zabiegu, zarówno powierzchnie, jak też wysiane dawki, wyznaczono na podstawie informacji zarejestrowanych. Wykorzystano możliwość przedstawienia danych z tego pliku w dwóch postaciach. Punktowej (rys. 2a), gdzie w atrybutach każdego punktu podane są m.in. wysokości wysianych dawek, szerokości i prędkości robocze, potrzebne do obliczeń (rys. 2a). Liniowej (rys. 2b), zawierającej informację o długości drogi, jaką pokonał rozsiewacz do momentu opróżnienia skrzyni ładunkowej (przejazdy w zaznaczonym fragmencie mapy).

Powierzchnie poligonów wyznaczano z iloczynu drogi, jaką wzdłuż nich przebył rozsiewacz oraz jego szerokości roboczej, ale wpierw trzeba było tę drogę na danym poligonie określić. Zgodnie z przedstawioną ilustracją (rys. 2), wynikała ona z liczby punktów oraz ich wzajemnej odległości, która to odległość była iloczynem średniej prędkości jazdy v_{sr} i czasu t_z , jaki upłynął pomiędzy zapisami parametrów kolejnych punktów.

Czas zapisu t_z to iloraz (równ. 1) całkowitej drogi (s) przebytej przez rozsiewacz (rys. 2b) i iloczynu średniej prędkości pracy (v_{sr}) oraz liczby zarejestrowanych na polu punktów ($n_c - 1$). Średni czas pomiędzy zapisem kolejnych wartości wynosił 1,65 s.

$$t_z = \frac{s}{v_{sr}(n_c - 1)} \quad (1)$$



Rys. 2. Mapa wynikowa: a) punktowa i atrybuty punktu; dawka planowana RX_RATE, dawka zrealizowana RATE, prędkość robocza Speed, numer punktu Object ID, szerokość robocza SWATH_WIDTH ; b) liniowa

Fig. 2. Resultant map: a) point-type and point attributes; planned dose RX_RATE, completed dose RATE, working speed - Speed, point number - Object ID, working width - SWATH_WIDTH ; b) linear

Wartości średnie dawek dla danego obszaru (poligonu) na mapie wynikowej obliczono z ilorazu sumy dawek we wszystkich jego punktach i ich liczby. Na tak obliczoną wartość średnią miała wpływ zmiana dawek na granicy każdego poligonu, której czas w programie sterującym Site Mate VRA ustawiona na jedną sekundę. Efektem tego, w pasie buforowym o szerokości $\pm 6-9$ m powstały średnio ok. 5-procentowe różnice dawek w stosunku do planowanych.

Wyniki

Producenci i dystrybutorzy w informacjach dotyczących nawozów podają, jaki powinien być udział granul z przedziału 1–4 mm (tab. 1) [Oferta handlowa 2007]. Pod tym

względem wynik pomiarów dla saletry amonowej był najbardziej zbliżony do informacji znajdującej się na opakowaniu nawozu (tab. 1). W przypadku dwóch pozostałych wystąpiła rozbieżność oraz stwierdzono przewagę frakcji $> 4\text{ mm}$ nad frakcją $< 1\text{ mm}$, co jednak nie było skutkiem zbrzylenia.

Tabela 1. Procentowy udział frakcji w stosowanych nawozach

Table 1. Percent share of fractions in fertilizers being used

Liczba próbek	Nawóz		<1 mm [%]	> 4 mm [%]	1 – 4 mm [%]	
					wynik z badań	wg producentów
20	Saletra amonowa	średnia	1,6	0,0	98,4	95,0
		odch. std.	0,2	0,0	1,7	-
6	Fosforan amonu	średnia	0,2	23,6	76,2	90,0
		odch. std.	0,0	1,3	2,6	-
13	Sól potasowa	średnia	3,2	33,1	63,7	85,0
		odch. std.	0,5	2,3	1,9	-

Źródło: obliczenia własne autorów, Oferta handlowa 2007

W tabelach 2-4 zawarto wyniki uzyskane z opracowania map aplikacyjnych oraz map „w tle”. Przy obliczaniu różnic pomiędzy powierzchniami nawożonych obszarów oraz dawkami jednostkowymi, wyniki uzyskane na podstawie opracowania danych zarejestrowanych podczas realizacji zabiegu odejmowano od wartości znajdujących się na mapach aplikacyjnych, tak więc ujemne wartości w tabelach oznaczają większe powierzchnie i dawki od planowanych i na odwrót. Należy też zaznaczyć, że powierzchnie obszarów o różnych dawkach jednostkowych podane w kolumnie 2 w każdej tabeli odpowiadają sumie obszarów, na których na danym polu aplikowano dawkę podaną w kol. 1.

Tabela 2. Nawożenie saletrą amonową - I dawka

Table 2. Fertilization with ammonium nitrate - 1 dose

Mapa aplikacyjna			Mapa wynikowa			Procentowa różnica	
dawka [kg·ha ⁻¹]	powierzchnia [ha]	zużycie nawozu M_{ma} [kg]	średnia dawka [kg·ha ⁻¹]	powierzchnia [ha]	zużycie nawozu M_{mw} [kg]	w powierzchni [%]	w dawce [%]
1	2	3	4	5	6	7	8
140	0,07	9,8	140	0,06	8,4	14,29	0,0
200	2,11	422	200,11	2,06	412,2	2,37	-0,06
220	16,87	3711,4	219,98	14,87	3271,1	11,86	0,01
240	0,81	194,4	239,95	0,76	182,4	6,17	0,02
250	5,81	1452,5	249,73	6,99	1745,6	-20,31	0,11
290	0,37	107,3	290,06	0,42	121,8	-13,51	-0,02
Ogółem	26,04	5897,4	-	25,16	5741,5		

Źródło: obliczenia własne autorów

Ocena zgodności map...

Tabela 3. Nawożenie saletrą amonową - II dawka

Table 3. Fertilization with ammonium nitrate - 2 dose

Mapa aplikacyjna			Mapa wynikowa			Procentowa różnica	
dawka [kg·ha ⁻¹]	powierzchnia [ha]	zużycie nawozu M_{ma} [kg]	średnia dawka [kg·ha ⁻¹]	powierzchnia [ha]	zużycie nawozu M_{mw} [kg]	w powierzchni [%]	w dawce [%]
1	2	3	4	5	6	7	8
0	1,43	0,0	0,70	1,50	1,1	-4,90	-
50	3,86	193,0	49,96	3,96	197,8	-2,59	0,80
60	4,89	293,4	59,99	4,94	296,3	-1,02	0,17
90	14,57	1311,3	89,96	14,42	1297,2	1,03	0,04
115	1,29	148,3	114,94	0,96	110,3	25,58	0,05
Ogółem	26,04	1946,0	-	25,79	1902,7		

Źródło: obliczenia własne autorów

Tabela 4. Nawożenie saletrą amonową - III dawka

Table 4. Fertilization with ammonium nitrate – 3 rate

Mapa aplikacyjna			Mapa wynikowa			Procentowa różnica	
dawka [kg·ha ⁻¹]	powierzchnia [ha]	zużycie nawozu M_{ma} [kg]	średnia dawka [kg·ha ⁻¹]	powierzchnia [ha]	zużycie nawozu M_{mw} [kg]	w powierzchni [%]	w dawce [%]
1	2	3	4	5	6	7	8
0	3,46	0,0	0,75	3,65	2,7	-5,49	-
50	3,63	181,5	49,78	3,47	172,8	4,41	0,44
60	3,87	232,2	59,21	3,74	221,4	3,36	1,32
90	15,08	1357,2	89,34	15,04	1343,7	0,27	0,73
Ogółem	26,04	1770,9	-	25,90	1740,6		

Źródło: obliczenia własne autorów

W przypadku nawożenia azotowego saletrą amonową (tab. 2.3.4) błędy odwzorowania przez rozsiewacz rozpatrywanych powierzchni wahały się od -20,31% do 25,58%, jednakże najwyższe wartości dotyczyły mniejszych bądź bardzo małych obszarów i w konsekwencji dla całego pola (tab. 7) w dwóch na 3 przypadki różnice te były poniżej 1%. Podobnie rozbieżności w dawkach nawozu planowanych i wyznaczonych na podstawie map „w tle” były znikome i w efekcie różnice w zużyciu tego nawozu wyniosły 1,71-2,64% (tab. 7). Dodatnie wartości w tabeli 7 wskazują, że podczas nawożenia saletrą w odniesieniu do całego pola we wszystkich przypadkach wartości z map „w tle” były niższe od analogicznych na mapach aplikacyjnych.

Tabela 5. Nawożenie fosforanem amonu
Table 5. Fertilization with ammonium phosphate

Mapa aplikacyjna			Mapa wynikowa			Procentowa różnica	
dawka [kg·ha ⁻¹]	powierzchnia [ha]	zużycie nawozu M_{ma} [kg]	średnia dawka [kg·ha ⁻¹]	powierzchnia [ha]	zużycie nawozu M_{mw} [kg]	w powierzchni [%]	w dawce [%]
1	2	3	4	5	6	7	8
70	0,44	30,8	70,30	0,51	35,8	-15,9	-0,43
90	4,19	377,1	90,15	4,17	375,9	0,48	-0,17
110	14,77	1624,7	109,67	15,41	1690,0	-4,33	0,30
140	6,64	929,6	139,78	6,87	960,3	-3,46	0,16
Ogółem	26,04	2962,2	-	26,96	3062,0		

Źródło: obliczenia własne autorów

Tabela 6. Nawożenie solą potasową
Table 6. Fertilization with potassium salt

Mapa aplikacyjna			Mapa wynikowa			Procentowa różnica	
dawka [kg·ha ⁻¹]	powierzchnia [ha]	zużycie nawozu M_{ma} [kg]	średnia dawka [kg·ha ⁻¹]	powierzchnia [ha]	zużycie nawozu M_{mw} [kg]	w powierzchni [%]	w dawce [%]
1	2	3	4	5	6	7	8
190	0,41	77,9	190,67	0,38	72,4	7,32	-0,35
200	1,25	250,0	200,64	1,29	258,8	-3,2	-0,32
220	5,01	1102,2	219,89	4,97	1092,8	0,80	0,05
250	19,37	4842,5	249,95	20,40	5098,9	-5,32	0,02
Ogółem	26,04	6272,6	-	27,05	6522,9		

Źródło: obliczenia własne autorów

W odniesieniu do fosforanu oraz soli potasowej (tab. 5 i 6) procentowe różnice w powierzchni nie przekraczały ok. 16%, a w dawkach uzyskano rozbieżność poniżej 0,5% (tab. 5 i 6). Na podstawie wyników zawartych w tabeli 7, które przyjmują wartości ujemne można stwierdzić, że podczas nawożenia ww. dwoma nawozami, zarówno błędy odwzorowania powierzchni, jak też różnice w zużyciu nawozów były wyższe niż w przypadku saletry. W odniesieniu do całego pola we wszystkich przypadkach wartości z map „w tle” były wyższe od analogicznych na mapach aplikacyjnych. Wyjaśnienia różnic pomiędzy wynikami dla saletry i pozostałych 2 nawozów należy szukać przede wszystkim w różnych kształtach nawożonych poligonów, co jednak jest tematem dla odrębnego opracowania.

Tabela 7. Różnice analizowanych wielkości w odniesieniu do całego pola
Table 7. Differences of the analyzed parameters regarding the whole field

Rodzaj nawozu	Procentowe różnice pomiędzy mapą aplikacyjną i wynikową w odniesieniu do:	
	powierzchni pola ogółem	zużycia nawozów ogółem
Saletra amonowa - I dawka	3,38	2,64
Saletra amonowa - II dawka	0,96	2,22
Saletra amonowa - III dawka	0,54	1,71
Fosforan amonu	-3,53	-3,36
Sól potasowa	-3,88	-3,99

Wnioski

1. Analiza składu granulometrycznego nawozów wykazała o ok. 14% i 20% niższą zawartość frakcji 1–4 mm, w stosunku do podawanej przez producenta odpowiednio dla fosforanu amonu oraz soli potasowej.
2. W przypadku nawożenia saletrą amonową błędy odwzorowania powierzchni w odniesieniu do całego pola nie przekroczyły 3,5%; rozbieżności w jednostkowych dawkach nawozu planowanych i wyznaczonych na podstawie map „w tle” były znikome.
3. W nawożeniu fosforanem amonu i solą potasową analizowane parametry były wyższe niż w przypadku saletry amonowej.
4. Ustawienie parametrów wysiewu w programie sterującym pracą rozsiewacza zapewniło wysoką zgodność zaplanowanej ilości nawozu z ilością w rzeczywistości wysianą.

Bibliografia

- Muzalewski A.** 2005. Elektroniczne rozsiewacze [online], Hasło Ogrodnicze. Numer 2 [dostęp 4-05-2008]. Dostępny w Internecie: <http://www.ho.haslo.pl/article.php?id=2056>.
- Rataj V., Urbanovič A.** 2002. Spresnenie riadenia výroby na základe poznania priestorovej efektívnosti. W: Fungování podniků v současné době. Zlín: UTB, s. 82 – 89. ISBN 80-902411-8-2.
- Walczykova M. Zagórda M.** 2005. Zmienne nawożenie mineralne pszenicy ozimej z wykorzystaniem map przestrzennego rozmieszczenia plonów. Inżynieria Rolnicza, 10(70), 375–384.
- Oferta handlowa [online]. Warszawa. „B and B”. 2007 [dostęp 4-05-2008]. Dostępny w Internecie: <http://www.bandb.com.pl/nawozy/nawozy.htm>

„Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2006-2008 jako projekt badawczy promotorski nr N310 078 31/3176”

COMPLIANCE ASSESSMENT FOR APPLICATION MAPS AND MAPS SHOWING REGISTERED DOSES IN SPATIALLY CHANGING MINERAL FERTILIZATION

Abstract. The work compares information on the amount of sown mineral fertilizers on application maps to the amount registered on maps generated “in the background” during distributor operation. The research was carried out for three fertilizer types, used in the field for winter wheat cultivation. The SiteMate VRA 9.3 application from FarmWorks installed in a computer controlling the distributor allowed fertilizer application and recording of its progress in form of a digital resultant map. The research allowed to find compliance between planned and sown doses of applied fertilizers.

Key words: mineral fertilization, application map, background map

Adres do korespondencji:

Mirosław Zagórda; email: miroslawzagorda@poczta.fm
Katedra Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Podstaw Rolnictwa
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków