

METODYCZNE I UTYLITARNE ASPEKTY SPORZĄDZANIA MAP PRZESTRZENNYCH ORAZ CZASOWYCH TRENDÓW PŁONOWANIA

Mirosław Zagórda, Maria Walczykova

Institut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy zaprezentowano sposób wykonania i interpretację map przestrzennych i czasowych trendów płonowania. Badania przeprowadzono na trzech polach z uprawą pszenicy ozimej, rzepaku ozimego i kukurydzy na ziarno. W celu przeanalizowania stabilności uzyskiwania plonów o określonej wysokości, dokonano oceny zmienności płonowania w czasie. Na podstawie map trendów przestrzenno-czasowych płonowania można wnioskować, że nawożenie tradycyjne przyczyniło się do przewagi obszarów plonów stabilnych na polu z uprawą roślin ozimych, zaś zmienna aplikacja dała w tym względzie lepsze efekty na polu z monokulturą kukurydzy.

Słowa kluczowe: zmienne nawożenie, przestrzenno-czasowa zmienność płonowania, GIS

Wstęp

Mapowanie plonów, jako najważniejszy element rolnictwa precyzyjnego, dostarcza pierwszą informację o zmienności płonowania na danym polu. Ich charakter oraz przestrzenna lokalizacja wymaga zastosowania metod statystyki przestrzennej, co w przedstawionej pracy było realizowane programem ArcView GIS 3.3.

W początkach komercyjnego monitoringu plonu spodziewano się, że wysokie i niskie plony będą zawsze na tych samych obszarach, jeśli zachowana będzie z roku na rok stała charakterystyka gleby i w związku z tym takie mapy mogłyby spełniać rolę wzorca oczekiwanego plonu i podstawę do wykonywania zabiegów [Blackmore i in. 2003]. Wg Blackmore' i in. [2003] oraz cytowanych w tym opracowaniu innych autorów, uśrednione za pewien okres mapy plonów pokazują jednak tylko część czynników wpływających na plon, głównie o charakterze systematycznym. Drugie pytanie dotyczy stabilności utrzymywania się tych plonów w danym miejscu w dłuższym okresie.

Faber [1998], cytując innych autorów stwierdza, że 3-letnie, a według innych aż 7-10-letnie mapy mogą być podstawą do podejmowania decyzji odnośnie do zmianowania roślin, zmiennych norm wysiewu nasion, a nawet nawożenia. Rains i Thomas [2001] proponują przyglądać się nietypowo reagującym obszarom pola i rozsądnie dobierać prognozowany plon do określenia poziomu nawożenia.

Cel i zakres badań

Celem przedstawionych badań było określenie stabilności plonowania na trzech badanych polach za okres 2005–2007.

Zakres badań obejmował pomiary wysokości plonu na trzech polach o kompleksie pszenным dobrym i glebach ciężkich należących do klasy bonitacyjnej IIIa. Skład granulometryczny gleby (tab. 1) na wszystkich polach był podobny. Pola te o powierzchni: 26,04 ha (P1), 20,62 ha (P2) i 19,9 ha (P3), podzielono na dwa odmiennie nawożone obszary, a mianowicie z zastosowaniem dawki jednorodnej (stałej) oraz przestrzennie zmiennej, zgodnej z wymaganiami roślin.

Tabela 1. Skład granulometryczny gleb na polach objętych badaniami

Table 1. Soil grain composition of the examined fields

Pole	Powierzchnia [ha]	Zawartość frakcji [%]			Gatunek gleby wg BN-78/9180-11
		piasek	pył	części sypialne	
		1,0 - 0,1	0,1 - 0,02	<0,02	
P1	26,04	1,2	60,5	38,3	pył ilasty (pli)
P2	20,64	5,0	53,3	41,7	pył ilasty (pli)
P3	18,98	5,3	54,7	40,0	pył ilasty (pli)

Źródło: obliczenia własne autorów

Średnia zawartość materii organicznej na badanych polach wynosiła około 1,8% przy kwaśnym odczynie gleby (tab. 2).

Tabela 2. Zestawienie wyników analizy gleby

Table 2. Comparison of soil analysis results

Pole	Rok badań	Zawartość m.o.			Odczyn pH [w KCl]		
		od – do [%]	średnio [%]	V [%]	od – do [-]	średnio [-]	V [%]
P1	2006	1,2 – 2,5	1,86	8,55	4,0 – 5,8	4,51	5,32
	2007	1,0 – 2,7	2,02	18,01	4,0 – 5,8	4,66	5,71
P2	2006	1,4 – 2,3	1,81	7,18	4,0 – 5,8	4,80	8,16
	2007	1,0 – 2,4	1,82	11,41	4,0 – 6,2	4,65	7,74
P3	2006	1,2 – 2,3	1,79	7,43	4,4 – 7,6	5,41	9,42
	2007	1,4 – 2,3	1,76	5,39	4,4 – 7,6	5,33	10,05

Źródło: obliczenia własne autorów

W przypadku zasobności gleby w dwa podstawowe składniki pokarmowe czyli fosfor i potas to gleba na badanych polach, podzielonych na obszary o nawożeniu tradycyjnym i zmiennym nie różniła się znacząco w danych latach badań (tab. 3).

Tabela 3. Średnia zasobność i współczynnik zmienności na podstawie map przestrzennego rozmieszczenia fosforu i potasu w badanych okresach, T – nawożenie tradycyjne, Z – nawożenie zmienne

Table 3. Mean abundance and variation coefficient according to the maps showing spatial distribution of phosphorus and potassium in the examined periods, T – conventional fertilisation, Z – alternate fertilisation

Pole	Okres badań	Roślina	Fosfor				Potas			
			średnio [mg·100g ⁻¹]		V [%]		średnio [mg·100g ⁻¹]		V [%]	
			T	Z	T	Z	T	Z	T	Z
P1	2005	pszenica	10,90	10,98	12,80	10,00	14,23	14,88	10,50	11,20
	2006	rzepak	9,67	9,42	23,40	12,00	19,90	21,08	10,30	12,90
	2007	pszenica	9,29	10,16	9,00	7,80	14,55	15,65	11,20	8,90
P2	2005	kukurydza	20,15	19,52	15,10	19,80	23,21	23,53	10,00	10,90
	2006	pszenica	17,92	16,54	13,80	17,40	25,97	22,45	13,10	10,70
	2007	rzepak	13,76	13,98	8,90	15,20	25,85	22,32	23,40	11,30
P3	2005	kukurydza	18,38	14,63	16,30	18,50	24,38	22,66	12,00	11,10
	2006	kukurydza	18,11	17,48	18,40	14,40	23,96	24,86	10,50	9,90
	2007	kukurydza	18,49	18,50	16,10	18,50	21,77	22,81	10,50	10,70

Źródło: obliczenia własne autorów

Na polu P1 występowało zmianowanie pszenicy ozimej i rzepaku ozimego, na polu P2 pszenicy ozimej, rzepaku ozimego i kukurydzy, natomiast na polu P3 uprawiana była kukurydza w monokulturze. W ramach badań każdego roku wykonano automatyczną rejestrację plonu wraz z współrzędnymi geograficznymi [Walczykova, Zagórda 2005] i na podstawie tych danych sporządzono mapy jego przestrzennego rozmieszczenia na badanych obszarach pola.

Obiekt i metodyka

Podążając za rozważaniami zaproponowanymi przez Blackmore'a i in. (2003) w pierwszej kolejności dla każdego pola i wariantu nawożenia wykonano przestrzenne mapy trendu za okres 3 lat (2005-2007). Powstały one w ten sposób, że w każdym pikselu mapy obliczono wartość średnią plonu za rozpatrywany okres. Na jednym polu (P3), gdzie przez 3 lata była uprawiana kukurydza, mapa średnich wartości została wykonana w jednostkach plonu t·ha⁻¹. Na pozostałych dwóch (P1, P2), gdzie uprawiano różne rośliny, do wyrażenia wysokości plonu przyjęto postać standaryzowaną [Berry 1999], określając plony w poszczególnych pikselach mapy jako ich stosunek do średniej wysokości plonu, uzyskanego na polu w danym roku.

Dalsza kwestia w ocenie kształtowania się plonów to występowanie w kolejnych latach na tym samym obszarze pola raz wysokiego, raz niskiego plonu, a więc stabilność plono-

wania w czasie. Zdefiniowana została jako wariancja czasowa σ_i^2 w poszczególnych pikselach mapy wg wzoru (1):

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{t=05}^{t=07} (Y_{t,i} - \bar{Y}_t)^2}{t} \quad (1)$$

gdzie:

- i – punkt (piksel) siatki,
- t – lata badań,
- $Y_{t,i}$ – plon w latach t w punkcie i ,
- $\bar{Y}_t$ – plon średni dla całego pola w latach t .

Z tak obliczonych wartości sporządzono mapy przestrzenne wariancji czasowych, na których obszary z niską wariancją, a więc plonujące w pobliżu średniej można zaliczyć do stabilnych, zaś z wariancją wysoką do niestabilnych – plonujących raz wysoko, raz nisko.

W kolejnym kroku, opierając się na metodyce przedstawionej przez Blackmore'a i in. [2003], wykonane mapy plonowe trendu przestrzennego oraz wariancji czasowej sklasyfikowano do dwóch przedziałów. W pierwszym przypadku dokonano podziału na obszary wysoko i nisko plonujące, a granicą tego podziału była średnia plonu (pole P3), bądź jej procentowy odpowiednik (pola P1 oraz P2). W przypadku map wariancji granicą podziału na obszary stabilne i niestabilne było graniczne odchylenie standardowe (zmienność równa 15%), oszacowane w badaniach. Faber [1998] do sklasyfikowania map zmienności proponuje zmienność 30%, jednakże Blackmore i in. [2003] w swoich badaniach uważali tę wartość za zbyt wysoką i w cytowanej pracy za graniczną zmienność w produkcji zbóż przyjęli jedną tonę z hektara. W niniejszej pracy przyjęta 15% zmienność odpowiada $1,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ dla zbóż i kukurydzy. Na podstawie uzyskanych wyników jako granice obszarów plonujących stabilnie i niestabilnie przyjęto 15%. Wybór ten, choć arbitralny i intuicyjny, wydaje się najlepiej odzwierciedlać sytuację na badanych polach.

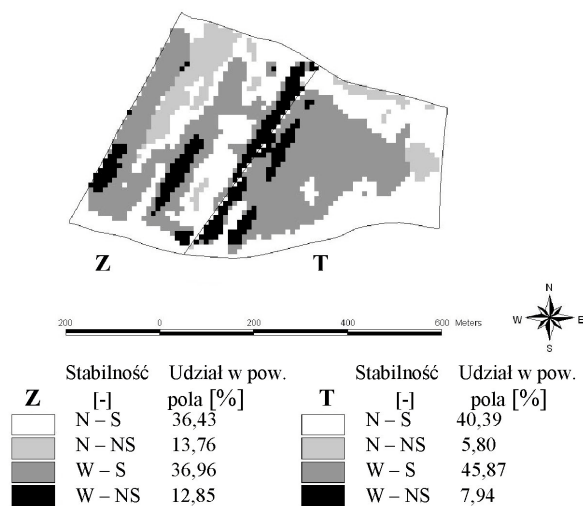
Ostatnim zabiegiem było nałożenie tych dwóch map dla danego pola i wariantu nawożenia i w efekcie tego uzyskanie na każdym polu 4 obszarów o plonach: wysokich i stabilnych (W-S); wysokich i niestabilnych (W-NS); niskich i stabilnych (N-S); niskich i niestabilnych (N-NS).

Wyniki

Na polu P1 (rys. 1) na części nawożonej tradycyjnie wystąpiła ok. 11% przewaga plonów stabilnych: niskich (N-S) i wysokich (W-S) ogółem. Stabilne obszary przy tradycyjnym nawożeniu stanowiły bowiem ok. 86% powierzchni, zaś przy nawożeniu zmiennym ok. 73%, w obu przypadkach przy przewadze (odpowiednio 5,5 oraz 0,5 %) plonów wysokich.

Na polu P2 (rys. 2) procentowy udział poszczególnych obszarów był bardzo zbliżony dla obu sposobów nawożenia, z tą różnicą, że w wariancie zmiennego nawożenia przeważał obszar, na którym stwierdzono plony niskie stabilne (N-S), a w tradycyjnym obszar, na którym stwierdzono plony wysokie stabilne (W-S).

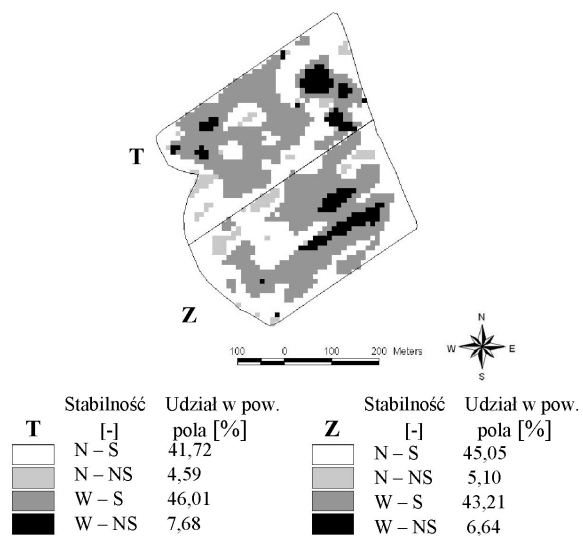
W przypadku pola P3 (rys. 3) wariant z nawożeniem tradycyjnym wykazywał niestabilność plonów na ok. 70% powierzchni, z przewagą plonów wysokich niestabilnych. Natomiast przy nawożeniu zmiennym, stabilne plony zajmowały ponad 58% powierzchni i tutaj przeważały obszary o plonowaniu niskim stabilnym.



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 1. Mapa stabilności plonowania - pole P1 (pszenica-rzepak-pszenica): T – nawożenie tradycyjne, Z – nawożenie zmiennie

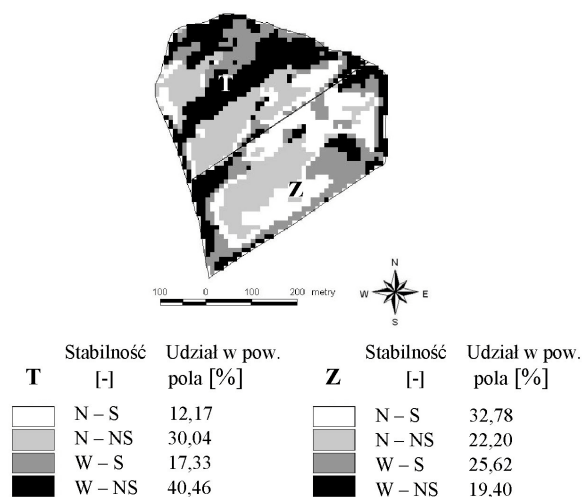
Fig. 1. Cropping stability map – P1 field (wheat-rape-wheat): T – conventional fertilisation, Z – alternate fertilisation



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 2. Mapa stabilności plonowania – pole P2 (kukurydza-pszenica-rzepak): T – nawożenie tradycyjne, Z – nawożenie zmiennie

Fig. 2. Cropping stability map – P2 field (maize-wheat-rape): T – conventional fertilisation, Z – alternate fertilisation



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 3. Mapa stabilności plonowania – pole P3 (tylko kukurydza): T – nawożenie tradycyjne, Z – nawożenie zmienne

Fig. 3. Cropping stability map – P3 field (maize only): T – conventional fertilisation, Z – alternate fertilisation

Wykonane mapy stabilności plonowania mogą wskazywać na związek pomiędzy gatunkami uprawianych roślin, stabilnością plonów i sposobem nawożenia. W przypadku nawożenia tradycyjnego przewaga plonów stabilnych wystąpiła na polu P1, gdzie uprawiano wyłącznie rośliny ozime, natomiast znacznie gorsze efekty w porównaniu ze zmiennym nawożeniem uzyskano na polu P3 z uprawą kukurydzy.

Przedstawione mapy mają duże znaczenie użytkarne, ponieważ uzyskane w pełnym cyklu produkcyjnym pozwoliły zidentyfikować na badanych polach strefy o różnej tendencji plonowania. W połączeniu ze zmiennością plonowania w czasie stanowią istotną informację dla użytkownika i w porównaniu z mapami plonu w kolejnym roku mogą ułatwić rozpoznanie powodów zmienności w danym sezonie. Plony z wielolecia z wyznaczonymi obszarami o systematycznie wysokich lub niskich plonach są podstawą do wykonania w tych miejscach poboru próbek lub badań gleby [Welsh i in. 2003].

Fakt występowania obszarów o plonach stabilnych wysokich i niskich, na których można założyć występowanie czynników systematycznych [Faber 1998b], zwiększających lub zmniejszające plon, można wykorzystać do zmodyfikowania planu nawożenia. W myśl przyjętej metodyki, wg której granicę stabilności przyjmowano na poziomie 15% zmienności czasowej, można stwierdzić, że plony na obszarach niskich stabilnych stanowią ok. 85% plonu średniego, zaś wysokich ok. 115% plonu średniego. Tak więc przy określaniu dawek nawozowych można na polu wyznaczyć 3 strefy plonowania, na których zakładany plon wynosiłby odpowiednio 0,85; 1,00 i 1,15 zakładanego plonu średniego. W prezentowanej pracy dokonywano doboru dawek nawozowych do zakładanego plonu średniego dla całego pola, ze względu na brak odpowiednich danych przed rozpoczęciem badań.

W efekcie przeprowadzonych badań uzyskano informacje, które można uważać za nowe i aktualnie potrzebne, zarówno z punktu widzenia metodologii prowadzenia badań z tego zakresu, jak również w aspekcie poznawczym i uytitarnym.

Wnioski

1. Mapy trendów przestrzenno-czasowych pozwoliły zidentyfikować na badanych polach strefy o różnej tendencji plonowania. Porównanie ich z mapami przestrzennego rozmieszczenia plonu w kolejnym roku, ułatwi rozpoznanie powodów tej zmienności w danym sezonie.
2. Rozpoznanie na polu obszarów o stabilnie niskim i stabilnie wysokim plonowaniu umożliwi w następnych latach bardziej racjonalne planowanie nawożenia i przez to obniżenie kosztów. Będzie też podstawą do zrationalizowania próbobrania na zawartość składników pokarmowych.
3. Na podstawie map trendów przestrzenno-czasowych plonowania można wnioskować, że nawożenie tradycyjne przyczyniło się do przewagi obszarów stabilnych na polu z uprawą roślin ozimych, zaś zmienna aplikacja dała w tym względzie lepsze efekty na polu z monokulturą kukurydzy.

Bibliografia

- Berry J.K.** 1999. Precision farming primer [online]. [dostęp 30-06-2010]. Dostępny w Internecie: <http://www.innovativegis.com/basis/pfprimer/Default.html>
- Blackmore S., Godwin R.J., Fountas S.** 2003. The analysis of spatial and temporal trends in yield map data over six years. *Biosystems Engineering* 84 (4). s. 455-466.
- Faber A.** 1998. System rolnictwa precyzyjnego. II. Analiza i interpretacja map plonów. Praca przeglądowa. *Fragmenta Agronomica* (XV) Nr 1 (57). s. 16-27.
- Rains G. C., Thomas D. L.** 2001. Soil sampling issues for precision management of crop production. Cooperative Extension Service, The University of Georgia College of Agric. and Environmental Sciences, Bulletin 1208/December. s. 4.
- Walczykova M., Zagórda M.** 2005. Preparation of yield maps in Agro-Map expert program. *Proceedings of Int. Conf., Slovak Agricultural University, Dudince* 2-3. 06.2005.
- Welsh J.P., Wood G.A., Godwin R.J., Taylor J.C., Earl R., Blackmore S., Knight S.M.** 2003. Developing strategies for spatially variable nitrogen application in cereals. Part I: Winter barley.

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

METHODICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF MAPPING THE SPATIAL AND TEMPORAL TRENDS OF YIELDS

Abstract. The paper presents preparation method and interpretation of maps showing spatial and temporal trends of yields. The research was carried out on three fields cultivated with winter wheat, winter rape and maize grown for grain. In order to analyse stability in obtaining crops at the specific level, the researchers evaluated yields variability in time. Maps of spatial and temporal trends of yields provide grounds to conclude that uniform fertilisation has contributed to the predominance of stable crop areas on the field cultivated with winter plants, whereas variable application has yielded better results in the field with maize monoculture.

Key words: variable fertilisation, spatial and temporal yield variability, GIS

Adres do korespondencji:

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