

JOLANTA KORZENIOWSKA

## POTRZEBY NAWOŻENIA CYNKIEM KUKURYDZY UPRAWIANEJ NA KISZONKĘ W ŚWIETLE WYNIKÓW DOŚWIADCZEŃ POŁOWYCH

Zakład Agrochemicznej Obsługi Rolnictwa Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa,  
Oddział we Wrocławiu

### WSTĘP

Kukurydza jest szeroko opisywana w literaturze światowej jako roślina wrażliwa przede wszystkim na niedobory cynku [Borowiecki et al. 1987; Dubas 1980; Katyal, Randhawa 1983; Patorczyk-Pytlik et al. 1992; Stojanow 1984]. Dotyczy to na ogół kukurydzy uprawianej w cieplejszym klimacie na ziarno (cynk odgrywa ważną rolę w procesach generatywnych). W warunkach klimatycznych Europy Środkowej, tj. długiego dnia i stosunkowo niskiej temperatury, roślina ta jest uprawiana głównie na kiszonkę. W Polsce w latach 1980–1985 areal uprawy kukurydzy wynosił średnio 490 tys. ha, z czego 97% stanowiła uprawa na kiszonkę. W latach 1986–1988 podjęto badania nad potrzebami nawożenia cynkiem kukurydzy w warunkach klimatycznych i glebowych Polski.

### MATERIAŁY I METODYKA

W latach 1986–1988 przeprowadzono 45 doświadczeń w WOPR, po 15 w każdym roku. Doświadczenia te były zlokalizowane na terenie 12 WOPR, w różnych warunkach klimatycznych i glebowych, na glebach o niskiej lub średniej zawartości cynku (rys. 1). Można wyznaczyć 3 rejony o największym zagęszczeniu punktów doświadczalnych: nadmorski, północno-wschodni oraz południowo-zachodni. W tych rejonach scharakteryzowano warunki meteorologiczne



Rys.1. Lokalizacja 45 przeprowadzonych doświadczeń z kukurydzą: • – doświadczenia, w których wystąpił istotny przyrost plonów na skutek nawożenia cynkiem, o – doświadczenia bez przyrostu plonów

Fig. 1. Locality of 45 field trials with silo-mais: • – trials with significant yield increase after Zn application, o – trials without yield increase after Zn application

opierając się na wynikach pomiarów z trzech stacji: Koszalina, Suwałk i Wrocławia. Średnie roczne opady oraz średnią miesięczną temperaturę w maju w latach 1986–1988 przedstawiono w tabeli 1.

Charakterystykę gleb, na których założono doświadczenia, podano w tabelach 2 i 3. Większość doświadczeń założono na glebach bardzo kwaśnych i kwaśnych (27 z 45), lekkich (27 z 45), oraz o niskiej i średniej zawartości cynku (39 z 45).

W poszczególnych doświadczeniach uprawiano różne odmiany kukurydzy odpowiadające warunkom klimatycznym danego rejonu.

Pojedyncze doświadczenie zakładano metodą bloków losowych w 4 powtórzeniach. Zastosowano pod kukurydzę zróżnicowane, doglebowe nawożenie cynkiem w ilości 0, 5, 10, 15 i 20 kg Zn na 1 ha w formie siarczanu cynku. Poziom nawożenia NPK ustalono dla każdego punktu doświadczalnego na podstawie analiz gleby (wg zaleceń IUNG [1986]). Wielkość poletka wynosiła 40 m<sup>2</sup>, do zbioru 25 m<sup>2</sup>.

TABELA 1. Średnia miesięczna temperatura w maju [°C] i średnie opady roczne [mm]  
Average monthly temperature in May [°C] and average yearly precipitation [mm]

Stacja meteorologiczna Weather station		1951–1980	1986	1987	1988
Koszalin	t*	10.8	13.7	8.4	13.6
	o	698	731	778	745
Suwałki	t	11.7	12.7	10.7	13.8
	o	584	566	594	538
Wrocław	t	12.7	15.1	11.4	14.9
	o	576	657	569	524

\*t – temperatura – temperature, o – opad – precipitation

TABELA 2. Ogólna charakterystyka gleb z 45 przeprowadzonych doświadczeń z kukurydzą  
General soil characteristic from 45 field trials

Cechy gleby Soil traits	Średnie i zakresy zawartości Average and fluctuation
pH	5,4 (4,2 – 6,7)
Części spławialne – Clay and silt particles (<0,02 mm) [%]	22 (10 – 40)
Pył – Silt (0,10 – 0,02 mm) [%]	26 (10 – 45)
Materia organiczna – Organic matter [%]	1,80 (0,97–3,12)
Zawartość – Content [mg/kg]	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /P	109/48 (36 – 229) / (16 – 100)
K <sub>2</sub> O/K	172/143 (70–500) / (58–415)
Mg	37 (7–108)
B	0,6(0,25–2,50)
Cu	2,5 (1,0–5,0)
Mn	192 (90 –348)
Mo	0,07 (0,015–0,215)
Zn	7,6 (3,5–15,5)

Do analiz pobrano z każdego doświadczenia z poziomów A próbki glebowe, w których zbadano zawartość przyswajalnych form cynku oraz wybranych makro- i mikroelementów. Fosfor i potas oznaczono metodą Egnera-Riehma, magnez metodą Schachtschabela, a cynk, bor, miedź, mangan i molibden w wyciągu 1 M HCl. Ponadto w próbkach glebowych oznaczono pH z 1 M KCl, zawartość węgla organicznego metodą Tiurina oraz skład granulometryczny metodą Casa-grande w modyfikacji Prószyńskiego.

TABELA 3. Liczba doświadczeń przeprowadzonych na różnych glebach  
Number of field trials from different soils

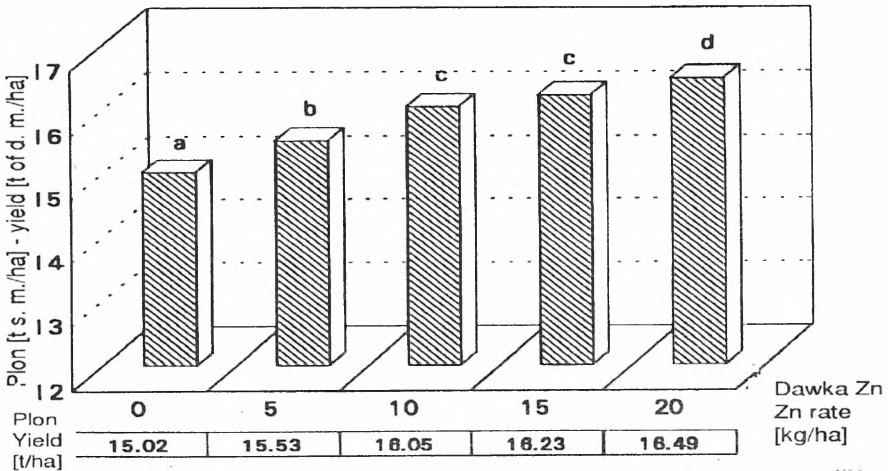
Odczyn gleby pH Soil pH	Liczba doświadczeń – N Number of field trials	Materia organiczna [%] Organic matter [%]	Liczba doświadczeń – N Number of field trials
Bardzo kwaśny Strongly acid	11	<1	2
Kwaśny Acid	16	1 – 2	29
Lekko kwaśny Light acid	14	2 – 3	12
Obojętny Neutral	4	> 3	2
Kategoria agronomiczna Soil category	N	Zawartość Zn w glebie Zn content in soil	N
Bardzo lekka Very light	4	Niska Low	7
Lekka Light	23	Średnia Medium	32
Średnia Medium	10	Wysoka High	6
Ciężka Heavy	8		

## WYNIKI

Analiza plonów kukurydzy wykazała, że na 45 przeprowadzonych doświadczeń w 27 przypadkach uzyskano istotną statystycznie wyższą plonów na skutek nawożenia cynkiem. Częściej na nawożenie cynkiem reagowały rośliny na glebach bardzo lekkich i lekkich. W tej grupie gleb jedynie w przypadku 27% doświadczeń nie uzyskano istotnych wyżek, natomiast w grupie gleb średnich i ciężkich w 58% doświadczeń rośliny nie zareagowały na nawożenie cynkiem. W żadnym z 45 przeprowadzonych doświadczeń nie stwierdzono istotnego spadku plonów kukurydzy na skutek nawożenia cynkiem.

Przeprowadzona synteza statystyczna ze średnich plonów kukurydzy (rys. 2) wykonana dla 45 doświadczeń łącznie wykazała, że najmniejsza dawka cynku (5 kg/ha) już powodowała istotny wzrost plonu, a każda następna podnosiła plony w stosunku do poprzedniej. Jest to zgodne z zakresem dawek zalecanych przez FAO [Katyal, Randhawa 1983].

Efektywność kolejnych stosowanych dawek cynku w zakresie od 5 do 20 kg/ha była zróżnicowana. Na rysunku 3 przedstawiono średni procentowy przyrost plonów uzyskany na poszczególnych obiektach doświadczalnych. Zastosowanie pierwszych 5 kg Zn na 1 ha podnosi plon w stosunku do obiektu kontrolnego o 3,4%. Następne 5 kg Zn zwiększa również plon o 3,4% w stosunku do obiektu poprzedniego. Jednak dalszy wzrost dawki cynku o 5 kg (od 10 do 15 i od 15 do

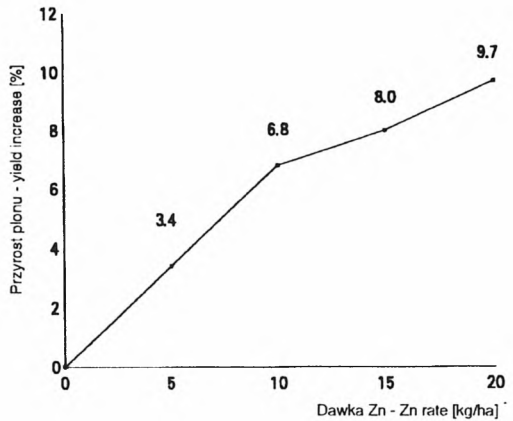


Rys. 2. Średnie plony kukurydzy uzyskane w 45 doświadczeniach pod wpływem nawożenia cynkiem; plony oznaczone tymi samymi literami nie różnią się od siebie wg testu Tukey'a ( $P < 0,001$ ).

Fig. 2. Average maize yields from 45 field trails with Zn fertilization; yield marked with the same letter are not different according to Tukey's test ( $P < 0,001$ )

20 kg/ha) daje już mniejszy efekt plonotwórczy i podnosi plony w stosunku do obiektów poprzednich kolejno o 1,2 i 1,7%.

Na rysunku 4 zobrazowano efektywność poszczególnych dawek cynku wyrażoną jako stosunek przyrostu plonu kukurydzy do zastosowanej ilości cynku. W zakresie dawek do 10 kg Zn na 1 ha efektywność ta jest stała – zastosowanie 1 kg cynku powoduje wzrost o 102 kg s.m. plonu kukurydzy z 1 ha. W przypadku dawek 15 i 20 kg Zn na 1 ha ich efektywność maleje i wynosi odpowiednio 80 i 75 kg przyrostu s.m. kukurydzy na 1 kg wniesionego do gleby cynku.



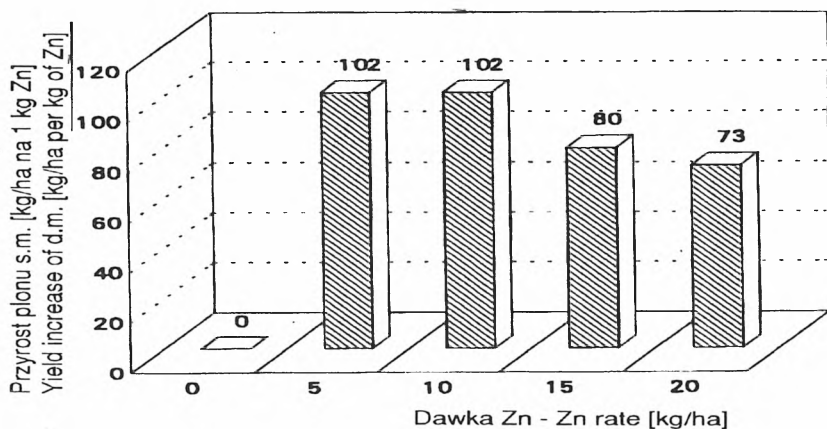
Rys. 3. Średnie (z 45 przeprowadzonych doświadczeń) przyrosty plonu kukurydzy pod wpływem nawożenia cynkiem

Fig. 3. Average maize yield increases after Zn fertilization basing upon data from 45 field trials

W dalszym etapie badań przeanalizowano, które cechy gleby wykazują największy wpływ na wielkość plonu kontrolnego kukurydzy oraz przyrost plonu pod wpływem nawożenia cynkiem. Do badań nie włączono warunków klimatycznych, które są bardzo ważne w uprawie kukurydzy, jednak zmienne i nieprzewidywalne. Skupiono się na cechach gleby, które mogą być modyfikowane bądź przez nawożenie, bądź przez uprawę roli.

Analizując jedynie ogólnie dane meteorologiczne z lat 1986–1988 w trzech rejonach największego skupienia punktów doświadczalnych (tab. 1), stwierdzono, że warunki termiczne i wilgotnościowe odpowiadały wymaganiom kukurydzy z wyjątkiem rejonu nadmorskiego (Koszalin) w 1987 r., kiedy temperatura maja była zbyt niska. Przyjmuje się, że kukurydza potrzebuje minimum 10°C do skielkowania, a klimat z opadami 450–600 mm rocznie stwarza jej odpowiednie warunki wilgotnościowe [Dubas 1980]. Na podstawie danych z tabeli 1 można jednak stwierdzić, że temperatura maja i opady różniły się znacznie zarówno w latach, jak i w przedstawionych rejonach Polski. Był więc to czynnik na pewno silnie modyfikujący plonowanie kukurydzy.

W badaniach dotyczących wielkości plonu kontrolnego uwzględniono: pH, zawartość frakcji pyłowej (0,10–0,02 mm), części splawialnych (< 0,02 mm), materii organicznej, fosforu, potasu, magnezu i cynku oraz pozostałych badanych mikroelementów (B, Cu, Mn, Mo). Zawartość makro- i mikroelementów wyrażono w formie tzw. indeksów. Zawartość krytyczną danego składnika w glebie przyjęto za 100% (wg liczb granicznych IUNG [1990]), a rzeczywistą w danej



Rys. 4. Efektywność dawek nawozowych wyrażona przyrostem plonu przypadającym na 1 kg zastosowanego Zn na 1 ha na podstawie 45 przeprowadzonych doświadczeń

Fig. 4. Fertilization effectivity as yield increase per 1 kg of Zn per ha basing upon 45 field trials

próbce obliczono w odniesieniu do krytycznej i podano w procentach. Indeksy poniżej 100% świadczą o niedoborach składników pokarmowych w glebie. Zwraca uwagę niska zawartość boru i magnezu w glebach, na których założono doświadczenia (tab. 2). Średni indeks boru dla wszystkich gleb pod doświadczeniami wynosi 51%, a magnezu 98%.

Przeanalizowano również, które czynniki mają wpływ na przyrost plonu kukurydzy pod wpływem nawożenia cynkiem. Prócz wymienionych cech gleby do badań włączono dawkę cynku i plon kontrolny.

Wpływ czynników glebowych na plon kontrolny i przyrost plonu kukurydzy wyrażono w formie równań regresji liniowej (tab. 4) opracowanych metodą krokową (*step-wise procedure*). Metoda ta jest z dużym powodzeniem wykorzystywana do badań rolniczych [Gembarzewski, Korzeniowska 1990; Karathansis et al. 1980; Kuchar 1989].

Na podstawie opracowanych równań regresji można stwierdzić, że podstawowym czynnikiem spośród badanych, wpływającym na plon kontrolny kukurydzy (równanie I), jest pH gleby i jej zasobność w bor. W dalszej kolejności wpływ ma zawartość w glebie magnezu i frakcji pyłowej oraz zawartość cynku.

Przyrost plonu pod wpływem nawożenia cynkiem (równanie II) zależy głównie od dawki Zn, a w dalszej kolejności od zasobności gleby w fosfor i od zawartości frakcji pyłu (dwie ostatnie cechy ze znakiem ujemnym). Mniejsze znaczenie ma zasobność gleby w mangan i potas oraz poziom plonu kontrolnego (z ujemnym znakiem).

TABELA 4. Równania regresji wielokrotnej ujmujące wpływ różnych czynników na plon kontrolny lub przyrost plonu kukurydzy – Multiple regression equations of control yield or yield increase against soil traits

Równanie I – Equation I		Równanie II – Equation II	
Plon kontrolny – Control yield [t of d. m./ha] (zmienna zależna – dependent variable)		Zwyżka plonu – Yield increase [%] (zmienna zależna – dependent variable)	
Zmienna niezależna – Independent variable		Zmienna niezależna – Independent variable	
pH	+ 3,706 (0,627)	dawka Zn – Zn rate [kg /ha]	+ 0,620 (0,121)
B index [%]	+ 0,098 (0,018)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> index [%]	- 0,073 (0,022)
Mg index [%]	+ 0,023 (0,007)	zawartość pyłu – silt content [%] (0,1 – 0,02 mm)	- 0,507 (0,136)
zawartość pyłu – silt content [%] (0,1 – 0,02 mm)	+ 0,210 (0,069)	Mn index [%]	- 0,006 (0,001)
Zn index [%]	+ 0,003 (0,001)	plon kontrolny – control yield [t s. m./ha – t of d. m. per ha]	- 0,380 (0,141)
		K <sub>2</sub> O index [%]	+ 0,038 (0,014)
Stała równania – Constant	- 20,261		+ 125,948
Współczynnik korelacji wielokrotnej równania – “R” of the equation	0,645		0,545
Standardowy błąd oceny – Standard error	5,072		10,125
Liczebność próby – Number of samples	n = 140		n = 140

W nawiasach podano błędy współczynników regresji – in brackets errors of regression coefficients

Zwraca uwagę fakt, że w uzyskanym równaniu nie ujawnił się wpływ zawartości cynku w glebie na przyrost plonu, a dla plonu kontrolnego miał on tylko niewielkie znaczenie. Przepuszczalnie zastosowany w doświadczeniach łatwo rozpuszczalny w wodzie siarczan cynku był bardziej przyswajalny dla roślin niż zawarty w glebie, ekstrahowany 1 M HCl.

Należy zauważyć, że równanie I opisuje 41,6% zmienności, a równanie II 29,7%. Można przypuszczać, że zgodnie z oczekiwaniami na wielkość plonu kontrolnego i zwyżkę plonu kukurydzy znaczny wpływ miały nie ujęte w badaniach warunki meteorologiczne, różnice odmianowe i rodzaj gleby i w tym aspekcie uzyskane wskaźniki równań są zadowalające.

Opracowane równania pozwalają stwierdzić, że w celu uzyskania wysokich plonów kukurydzy na kiszonkę w warunkach gleb Polski niezbędne jest przede wszystkim uregulowanie odczynu gleb, nawożenie ich magnezem i borem, a dopiero w dalszej kolejności wzbogacenie w cynk. Czynnikiem wpływającym korzystnie na plony jest większa zawartość frakcji pyłu w glebie, ale jednocześnie jest to czynnik wpływający ujemnie na zwyżkę plonu pod wpływem nawożenia cynkiem. Ujemny wpływ fosforu na efekty nawożenia cynkiem znany jest z literatury [Patorczyk-Pytlik et al. 1992; Trierweiler, Lindsay 1969].

## WNIOSKI

1. W 60% wykonanych doświadczeń uzyskano istotny statystycznie wzrost plonów kukurydzy na skutek nawożenia cynkiem.

2. Synteza statystyczna 45 doświadczeń łącznie wykazała istotny wzrost plonów kukurydzy uprawianej na kiszonkę na skutek nawożenia cynkiem. Najwyższe plony uzyskano przy 20 kg cynku na 1 ha, najwyższą efektywność nawożenia, mierzoną przyrostem plonu na 1 kg zastosowanego cynku, – przy 5 i 10 kg Zn/ha.

3. Zarówno plon kontrolny kukurydzy, jak i zwyżka plonu pod wpływem nawożenia cynkiem zależały w większym stopniu od innych czynników niż badane cechy gleby. Można przypuszczać, że największe znaczenie miały warunki meteorologiczne i różnice odmianowe, a także rodzaj gleby.

4. Spośród badanych cech gleby największy wpływ na wielkość plonu kontrolnego kukurydzy miały: odczyn gleby, zaopatrzenie w bor i magnez oraz zawartość frakcji pyłowej i cynku.

5. Przyrost plonu uzyskany pod wpływem nawożenia cynkiem zależał przede wszystkim od dawki Zn, a następnie od zawartości w glebie fosforu i frakcji pyłowej. W mniejszym stopniu na wielkość przyrostu plonu wpływała zasobność gleby w mangan i potas oraz poziom plonu kontrolnego.

6. Na podstawie przeprowadzonych doświadczeń można stwierdzić, że kukurydza uprawiana na kiszonkę w warunkach glebowych i klimatycznych naszego kraju potrzebuje bardziej odkwaszenia gleb i nawożenia ich borem oraz magnezem niż cynkiem.

## LITERATURA

- BOROWIECKI J., DUBAS A., GROMADZIŃSKI A., MICHAŁSKI P., PODKÓWKA W., 1987: Uprawa i użytkowanie kukurydzy. Wyd. IUNG, Puławy, P (35) ss. 38.
- DUBAS A., 1980: Kukurydza. PWRiL, Warszawa.
- GEMBARZEWSKI H., KORZENIOWSKA J., 1990: Optymalne i dopuszczalne zawartości rozpuszczalnego cynku w glebie. *Rocz. Glebozn.* 41, 1/2: 145–151.
- KARATHANSIS A. D., JOHNSON V. A., PETERSON G. A., SANDER D. H., OLSON R. A., 1980: Relation of soil properties and other environmental sites. *Agron. J.* 72: 326–336.
- KATYAL J. C., RANDHAWA N. S., 1983: Micronutrients. *FAO Fert. Plan Nutr. Bull.* 7: ss.23.
- KUCIAR L., 1989: The exponential polynomial model (EPM) of yield forecasting for spring wheat based on meteorological factors and phenophase. *Agric. and Forest Meteorology* 46: 339–348.
- PATORCZYK-PYTLIK B., SPIAK Z., RABIKOWSKA B., KAROŃ B., 1992: Wpływ wieloletniego nawożenia fosforowego na zawartość cynku i manganu w roślinach. *Mat. VII Symp. " Mikroelementy w rolnictwie "*. Wrocław.
- STOJANOW D., 1984: Stosowanie mikroelementów w Bułgarii w warunkach intensywnej chemizacji. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, nr 12: 5–13.
- TRIERWEILER J. F., LINDSAY W. L., 1969: EDTA – ammonium carbonate soil test for zinc. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 33: 49–54.
- Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. 1990, wyd. 2, Wyd. IUNG Puławy, P (29).
- Zalecenia nawozowe. Cz. II. Optymalne dawki nawozów na gruntach ornych. 1986, Wyd. IUNG Puławy, P (23).



Autorka składa podziękowania Prof. dr hab. Hubertowi Gembarzewskiemu za pomoc w opracowaniu tematu.

J. KORZENIOWSKA

## ZINC DEMANDS OF SILO-MAIS IN FIELD TRIALS

Department for Agrochemical Attendance, Institute of Soil Science and Plant Cultivation  
Division in Wrocław

### SUMMARY

In the 1986–1988 forty five field trials with silo-mais fertilization with Zn were conducted. Zinc was applied into soil in the sulphate form at the following rates: 0, 5, 10, 15, 20 kg Zn per ha. In 27 trials significant yield increase after Zn application was received. Summary statistic account showed significant yield increase after application of all the Zn rates (5–20 kg). The highest yield increase was received after application of 20 kg Zn per ha (9,7%). Fertilization efficacy (in dry matter increase per kg of Zn) was the highest by rates 5 and 10 per ha (102 kg per 1 kg Zn). It was stated according to the multiple regression, step-wise procedure – that silo-mais cultivated in climatic and soil conditions of Poland required the first of all liming, followed by boron, magnesium and zinc fertilization.

*Praca wpłynęła do redakcji we wrześniu 1993 r.*

*Mgr Jolanta Korzeniowska  
Zakład Agrochemicznej Obsługi Rolnictwa  
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Oddział we Wrocławiu  
50-244 Wrocław, Plac Św. Macieja 5*

