

Renata KUŚMIEREK

Katedra Melioracji i Agrometeorologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
Department of Land Reclamation and Agrometeorology, University of Technology and Life Sciences in Bydgoszcz

Przydatność automatycznej stacji pomiarowej do osłony meteorologicznej rolnictwa

The usefulness of automatic weather station for meteorological cover in agriculture

Słowa kluczowe: automatyczna stacja pomiarowa, osłona meteorologiczna rolnictwa
Key words: aws, meteorological cover in agriculture

Wprowadzenie

Środowisko rolnicze Polski, zwłaszcza poszczególne elementy jego struktury, będące zarówno pod wpływem czynników naturalnych, jak i antropogenicznych, podlegają ciągłym przemianom. Przemiany te mogą mieć charakter gwałtowny, wręcz katastroficzny, ale również mogą przebiegać powoli i zdawać by się mogło – niezauważalnie. Aby móc realizować zadania meteorologicznej osłony rolnictwa, rozpoznawać i przewidywać kierunki zmian zarówno w skali przestrzennej, jak i czasowej, niezbędne są systematyczne, standaryzowane pomiary wybranych elementów meteorologicznych oraz analiza danych,

obejmująca wyniki uzyskane z możliwie największej liczby punktów pomiarowych. Możliwości takie stwarza automatyzacja pomiarów meteorologicznych, która prowadzi nie tylko do zagęszczenia sieci, ale również przyczynia się do poprawy jakości wyników oraz natychmiastowej do nich dostępności. Automatyczne stacje pomiarowe mają wiele zalet, m.in. dostarczają dużej ilości precyzyjnych danych i są tanie w eksploatacji. Jednakże w porównaniu ze stacjami standardowymi nie zachowują przyjętych procedur pomiarowych (Lorenc 2006). Dotyczy to zwłaszcza warunku porównywalności przyrządów, jak również w pewnej mierze czasu pomiarów. Inne w obu metodach są także procedury przetwarzania danych, czyli obliczania wielkości średnich, co stwarza niebezpieczeństwo uzyskania różnych wyników. Problem ten był i jest przedmiotem badań wielu krajowych i zagranicznych ośrodków naukowych, m.in. olsztyńskie-

go (Szwejkowski 1999), wrocławskiego (Rojek i in. 2001) i bydgoskiego (Żarski i in. 2001, Kuśmerek 2006).

Celem badań wykonanych na podstawie pomiarów prowadzonych w latach 2000–2004 w rejonie Bydgoszczy było porównanie warunków termicznych, opadowych i solarnych oraz wybranych wskaźników agrometeorologicznych mierzonych na stacji standardowej i automatycznej oraz ocena możliwości wykorzystania danych ze stacji automatycznej do osłony meteorologicznej z zachowaniem jednorodności ciągów pomiarowych.

Material i metody

Ocenę przydatności stacji automatycznej do badań agrometeorologicznych przeprowadzono na podstawie wyników pomiarów i obserwacji meteorologicznych, wykonywanych w miesiącach półrocza letniego w latach 2000–2004 w Mochelku koło Bydgoszczy. Przedmiotem badań było porównanie wyników pomiarów temperatury powietrza, opadów atmosferycznych oraz całkowitego promieniowania słonecznego, uzyskanych za pomocą standardowych obserwacji i przyrządów pomiarowych oraz automatycznej ośmiokanałowej stacji meteorologicznej firmy Eijkelkamp.

Pomiary standardowe prowadzono w punkcie obserwacyjno-pomiarowym, zgodnie z obowiązującą w sieci IMGW zasadą porównywalności wyników, w trzech terminach: o godzinie 7.00, 13.00 i 19.00 czasu zimowego lub 08.00, 14.00 i 20.00 czasu letniego. Termometry umieszczone były w klatce meteorologicznej na wysokości 2 m n.p.g.

Średnią dobową temperaturę powietrza obliczono zgodnie z obowiązującą w klimatologii procedurą, jako średnią arytmetyczną z odczytów porannych i wieczornych oraz wielkości ekstremalnych temperatury. Sumy dobowe opadów atmosferycznych były ich sumą między godziną 7.00 dnia poprzedniego i 7.00 dnia bieżącego, natomiast dobową sumę promieniowania całkowitego obliczono na podstawie obserwacji zachmurzenia (w trzech terminach pomiarowych i w skali 0–10), według zmodyfikowanego wzru Blacka (Rojek i Żyromski 1997)

Stacja automatyczna, wyposażona m.in. w czujnik termistorowy zainstalowany na wysokości 1,5 m n.p.g., deszczomierz korytkowy (powierzchnia odbiorcza 507 cm², 0,34 m n.p.g) i czujnik promieniowania (2 m n.p.g), zaprogramowana była na próbkowanie w odstępach 5-minutowych, a w pamięci dataloggera zapisywane były średnie z godziny, które stanowiły podstawę obliczeń sum dobowych oraz średnich dobowych jako średnia arytmetyczna z wielkości godzinowych w terminach pomiarowych 1.00–00.00. Informacje zapisywane w pamięci dataloggera kopiowano za pomocą programu komputerowego „Datahog 2” do arkusza kalkulacyjnego programu Excel, którego formuły przetwarzały „surowe” dane do postaci średnich/sum dobowych, dekadowych i miesięcznych.

Zasadniczą część badań stanowiła analiza statystycznej zgodności wyników pomiarów prowadzonych porównywanymi metodami. Wykonano ją na podstawie wielkości średnich dekadowych, zakładając, że dekada jest podstawowym krokiem czasowym stosowanym w agrometeorologii. Analizę porównaw-

czą wielkości dekadowych przeprowadzono osobno dla poszczególnych miesięcy w ciepłej połowie roku (liczebność zbiorów $n = 15$; 1 miesiąc \times 3 dekady \times 5 lat) i dla całego półrocza letniego IV–IX ($n = 90$). Zbiory danych scharakteryzowano metodami statystyki opisowej.

Wzajemne relacje danych w zbiorach zbadano analizą regresji i opisano równaniami regresji, uwzględniając wielkość standardowego błędu estymacji. Istotność różnic pomiędzy parami danych w poszczególnych zbiorach zbadano testem *t*-Studenta dla par powiązanych. Stopień zgodności został określony na podstawie współczynnika korelacji na poziomie ufności $\alpha = 0,05$, przy $n - 2$ stopniach swobody.

W pracy porównano także wybrane wskaźniki agrometeorologiczne obliczone na podstawie danych standardowych i automatycznych: ewapotranspirację potencjalną, obliczoną według wzoru Grabarczyka (1976), klimatyczny bilans wodny (Bac i Rojek 1989), wskaźnik standaryzowanego opadu – SPI (Łabędzki i Bąk 2004).

Wszystkie obliczenia wykonano, wykorzystując arkusz kalkulacyjny programu Excel i pakiet programu Statistica, wersja 5.5A, który wyznacza równania regresji pojedynczej dla wprowadzonych zmiennych, ocenia istotność współczynnika korelacji i poziom istotności różnic pomiędzy średnimi w parach za pomocą testu *t*-Studenta.

Wyniki badań

Na podstawie przeprowadzonego porównania stopnia zgodności dekadowych wielkości wybranych parametrów

oraz wskaźników agrometeorologicznych mierzonych lub obliczonych metodą standardową i automatyczną można stwierdzić, które z analizowanych parametrów i wskaźników wyznaczonych na podstawie pomiarów standardowego i automatycznego, charakteryzowały się największą zgodnością danych, a które cechowała zgodność mniejsza.

Z tabeli 1 wynika, że wszystkie zestawione współczynniki korelacji, określające zgodność średnich dekadowych wybranych parametrów w miesiącach półrocza letniego, były istotne. Ich wielkość zmieniała się od 0,851 (całkowite promieniowanie słoneczne w sierpniu) do 0,998 (temperatura powietrza w kwietniu). Najwyższe współczynniki korelacji charakteryzowały zależność danych otrzymanych porównywanymi metodami pomiarowymi, odzwierciedlających warunki termiczne (temperaturę powietrza), nieco mniejszy stopień zgodności ciągów danych charakteryzował warunki opadowe (sumy opadów atmosferycznych). Zaskakująco duża zgodność wyników pomiarów dotyczyła promieniowania słonecznego całkowitego. Mimo że metoda standardowa oparta była na obserwacji zachmurzenia, a automatyczna odzwierciedlała bezpośredni pomiar pyranometrem, współczynniki korelacji charakteryzujące współzależność danych w większości przypadków przekraczały 0,9. Potwierdza to możliwość szacowania tego parametru drogą pośrednią na podstawie wzoru Blacka.

Obliczone dla każdego parametru różnice okazały się we wszystkich przypadkach jednokierunkowe, ponadto niemal w każdym okresie wielkości otrzymane porównywanymi metodami (wyjątek opady atmosferyczne – lipiec

TABELA 1. Porównanie parametrów meteorologicznych mierzonych metodą standardową (S) i automatyczną (A)
 TABLE 1. Comparison of meteorological elements obtained from classic (S) and automatic (A) measurements

Badany okres Period	Wartość średnia Mean value		Różnica S – A Distinction	Odchylenie stan- dardowe / Standar- dized deviation		Rozstęp Distance		Równanie regresji Regression equation	Standardowy błąd estymacji Standardized estimation error	Współczynnik korelacji (r) Correlation coef- ficient (r)
	S	A		S	A	S	A			
Średnia temperatura powietrza [°C] / The mean air temperature										
IV	7,9	8,5	-0,6 ^a	3,9	3,9	16,5	16,4	S = 0,9952A – 0,5659	0,243	0,998
V	13,8	14,2	-0,4 ^a	2,1	2,1	7,8	7,9	S = 1,0143A – 0,553	0,263	0,993
VI	15,9	16,1	-0,2 ^a	1,8	1,8	7,2	7,7	S = 0,9875A + 0,0045	0,272	0,989
VII	17,9	18,1	-0,2 ^a	2,0	2,0	6,5	6,3	S = 0,9718A + 0,354	0,277	0,991
VIII	18,4	18,8	-0,4 ^a	1,8	1,9	5,5	5,2	S = 0,9583A + 0,3123	0,304	0,987
IX	12,4	13,2	-0,8 ^a	2,3	2,3	8,9	9,2	S = 0,9661A – 0,3068	0,550	0,973
IV-IX	14,4	14,8	-0,4 ^a	4,3	4,2	20,1	19,2	S = 1,0204A – 0,7252	0,376	0,996
Opady atmosferyczne [mm] / Precipitation										
IV	8,4	10,4	-2,0 ^a	42,0	39,4	27,9	30,6	S = 0,868A – 0,6736	1,684	0,974
V	16,4	17,3	-0,9 ^a	48,1	42,2	57,9	60,6	S = 1,0165A – 1,209	2,446	0,989
VI	13,4	14,9	-1,5 ^a	37,8	34,8	31,6	32,8	S = 0,9051A – 0,063	2,380	0,969
VII	32,1	33,1	-1,0 ^{n.i.}	24,8	25,3	84,9	108,8	S = 0,7368A + 7,8754	9,860	0,905
VIII	21,4	21,8	-0,4 ^{n.i.}	48,8	46,4	53,8	46,6	S = 1,0343A – 1,0475	5,683	0,952
IX	20,5	22,3	-1,8 ^a	47,9	45,4	52,2	55,6	S = 0,9229A – 0,0549	1,277	0,997
IV-IX	18,7	20,0	-1,3 ^a	43,1	39,6	87,5	113,0	S = 0,8976A + 0,8143	5,234	0,952
Całkowite promieniowanie słoneczne [MJ·m ⁻² ·d ⁻¹] / Global solar radiation										
IV	17,07	14,84	2,23 ^a	5,17	3,69	17,7	13,2	S = 1,2888A – 2,0622	2,091	0,921
V	23,20	20,85	2,35 ^a	4,38	3,20	14,8	10,7	S = 1,3204A – 4,3545	1,216	0,964
VI	21,98	21,41	0,57 ^{n.i.}	4,64	3,26	18,2	12,1	S = 1,2507A – 4,7979	2,281	0,880
VII	18,82	17,48	1,63 ^a	4,09	2,92	13,0	9,2	S = 1,2254A – 2,6327	2,064	0,874
VIII	19,12	17,19	1,93 ^a	3,53	2,69	12,3	9,8	S = 1,182A – 0,1127	1,923	0,851
IX	13,22	11,74	1,48 ^a	4,51	3,22	15,3	10,7	S = 1,3644A – 2,7925	1,098	0,972
IV-IX	18,90	17,25	1,65 [*]	5,39	4,55	27,6	22,0	S = 1,1032A – 0,1421	1,973	0,932

^a Istotność różnic oznaczona testem t dla prób powiązanych. / Significant distinction estimated with the t test for linked samples.

i sierpień, i promieniowanie – czerwiec) różniły się istotnie (tab. 1). Wyższą temperaturę powietrza uzyskiwano, mierząc ją metodą automatyczną, podobnie sumy opadów atmosferycznych mierzone deszczomierzem stacji automatycznej były większe od zmierzonych deszczomierzem Hellmanna. Większe promieniowanie całkowite uzyskano, wyznaczając je pośrednio z obserwacji zachmurzenia, a różnice pomiędzy porównywanymi metodami nie przekraczały $2,35 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ (miesiąc maj).

Rezultaty przeprowadzonej analizy regresji i korelacji wyników pomiarów każdego z parametrów pozwoliły stwierdzić ich dużą zgodność. Zależności we wszystkich analizowanych okresach układały się liniowo. Pozwoliło to przedstawić równania regresji, dzięki którym można obliczyć ciągi pomiarów standardowych na podstawie pomiarów automatycznych i odwrotnie.

Z punktu widzenia szeroko rozumianej gospodarki wodnej istotne znaczenie ma przebieg czasowy nadmiarów i niedoborów opadowych. W rezultacie obliczeń statystycznych stwierdzono zarówno istotne (2 przypadki), jak i nieistotne (4 przypadki) różnice pomiędzy dekadowymi wielkościami klimatycznego bilansu wodnego, wyznaczonego porównywanymi metodami (tab. 2). Większe (korzystniejsze) wielkości dotyczyły dekadowych KBW, wyznaczonych metodą automatyczną, w porównaniu ze standardową. Wyjątkiem był w tym przypadku sierpień. Współczynnik korelacji dla ciągu wszystkich 90 par danych wynosił 0,961, a zależność KBW otrzymanych obiema metodami miała charakter liniowy (tab. 2). Najwyższy stopień zgodności otrzymano we wrześniu ($r = 0,999$),

najmniejszy współczynnik korelacji ($r = 0,925$) charakteryzował zależność dekadowych wielkości KBW w lipcu.

Do obliczeń ewapotranspiracji przyjęto wzór Grabarczyka, ze względu na dostępność danych wyjściowych i lepszą korelację z wynikami pomiarów parowania za pomocą lizymetrów niż ETp Penmana (Grabarczyk 1989). Analiza statystyczna wykazała istotność różnic dekadowej ewapotranspiracji potencjalnej, mierzonej porównywanymi metodami, w odniesieniu do całości sezonu wegetacyjnego oraz do 4 z 6 okresów miesięcznych. Nieistotne były różnice w sierpniu i wrześniu (tab. 2). Na podstawie przeprowadzonej analizy regresji i korelacji stwierdzono dużą współzależność porównywanych danych. Najwyższy stopień zgodności dekadowych sum omawianego wskaźnika stwierdzono w kwietniu i lipcu, a najmniejszy w maju i sierpniu (tab. 2).

Dekadowe wskaźniki standaryzowanego opadu w kolejnych sezonach wegetacyjnych (IV–IX) lat 2000–2004 obliczono, odnosząc rzeczywiste sumy opadów do ich standardowych wartości normalnych w 30-letnim okresie 1971–2000.

Spośród analizowanych 90 dekad, 16–18 (17,8–20%) z nich – zależnie od metody pomiarów opadów atmosferycznych, określono na podstawie wskaźnika SPI jako ekstremalnie, bardzo lub umiarkowanie suche. Wystąpiły one zwłaszcza w latach 2003 i 2000. Użycie do obliczeń wskaźnika SPI wyników pomiarów opadów atmosferycznych drogą automatyczną spowodowało złagodzenie oceny intensywności posuchy (tab. 3).

Wielkość różnic we wszystkich badanych okresach miała charakter jed-

TABELA 2. Porównanie wskaźników meteorologicznych obliczonych na podstawie pomiarów standardowych (S) i automatycznych (A)
 TABLE 2. Comparison of meteorological indexes calculated from classic (S) and automatic (A) measurements

Badany okres Period	Wartość średnia Mean value		Różnica S – A Distinction	Odchylenie stan- dardowe / Standar- dized deviation		Rozstęp Distance		Równanie regresji Regression equation	Standardowy błąd estymacji Standardized estimation error	Współczynnik korelacji (r) Correlation coef- ficient
	S	A		S	A	S	A			
Klimatyczny bilans wodny [mm] / Climatic Water Balance										
IV	-12,2	-9,6	-2,6 ^a	11,5	12,6	47,9	54,3	S = 0,8715A – 3,7859	3,529	0,955
V	-13,3	-11,6	-1,7 ^{n.i.}	19,4	19,3	74,8	78,8	S = 0,9836A – 1,6577	4,436	0,975
VI	-15,1	-14,6	-0,5 ^{n.i.}	14,2	15,1	49,9	46,9	S = 0,8977A – 2,0338	4,383	0,955
VII	7,7	9,0	-1,3 ^{n.i.}	24,6	30,1	98,1	122,4	S = 0,7554A + 1,0921	9,698	0,925
VIII	-3,7	-4,1	0,4 ^{n.i.}	20,5	19,5	60,1	58,1	S = 1,0154A + 0,5579	5,602	0,965
IX	4,2	6,2	-2,0 ^a	21,3	21,5	64,8	64,2	S = 0,9994A – 1,9863	0,904	0,999
IV-IX	-5,4	-4,1	-1,3 ^{n.i.}	20,6	21,7	108,6	135,0	S = 0,9101A – 1,5698	5,726	0,961
Ewapotranspiracja potencjalna [mm] / Evapotranspiration										
IV	21,7	16,5	5,2 ^a	9,7	10,6	41,2	45,1	S = 0,9008A + 4,1523	2,110	0,978
V	37,1	32,4	4,7 ^a	9,2	8,8	32,4	25,9	S = 0,9271A + 7,0511	4,497	0,882
VI	40,4	34,7	5,7 ^a	9,9	9,9	39,7	36,5	S = 0,9082A + 8,8725	4,150	0,914
VII	41,3	34,9	6,4 ^a	10,1	7,8	30,6	24,8	S = 1,2237A – 1,3958	3,360	0,948
VIII	44,1	40,5	3,6 ^{n.i.}	9,9	7,2	37,8	31,4	S = 1,2096A – 4,9331	4,817	0,883
IX	25,6	23,9	1,7 ^{n.i.}	8,3	6,3	29,2	24,4	S = 1,2099A – 3,3282	3,514	0,919
IV-IX	35,0	31,0	4,0 ^a	12,5	11,0	59,0	53,1	S = 1,0779A + 1,6282	4,110	0,945
Wskaźnik standaryzowanego opadu / Standardized Precipitation Index										
IV	0,10	0,31	-0,21 ^a	0,76	0,73	3,1	2,6	S = 1,0016A – 0,2107	0,216	0,962
V	0,18	0,27	-0,09 ^a	0,94	0,89	3,6	3,7	S = 1,0451A – 0,1043	0,125	0,992
VI	-0,20	-0,09	-0,11 ^a	0,77	0,67	3,1	2,6	S = 1,1357A – 0,1026	0,161	0,980
VII	0,52	0,53	-0,01 ^{n.i.}	0,81	0,82	2,7	3,0	S = 0,9223A + 0,0263	0,294	0,967
VIII	0,21	0,27	-0,06 ^{n.i.}	1,04	0,95	3,4	3,1	S = 1,076A – 0,0834	0,222	0,979
IX	0,34	0,46	-0,12 ^a	1,10	1,04	3,6	3,1	S = 1,059A – 0,1434	0,130	0,994
IV-IX	0,19	0,29	-0,10 ^a	0,92	0,86	4,3	4,0	S = 1,0425A – 0,1143	0,204	0,975

^a Istotność różnic oznaczona testem t dla prób powiązanych. / Significant distinction estimated with the t test for linked samples.

TABELA 3. Częstość występowania dekad posusznych okresu wegetacyjnego (IV–IX) 2000–2004, według wskaźnika SPI, na podstawie pomiarów automatycznych (A) i standardowych (S)

TABLE 3. Frequency of ten-days-periods with drought spells in growing season (IV–X) 2000–2004, based on SPI calculated from automatic (A) and classic (S) measurements

Rok Year	Ekstremalnie suchy Extremely dry SPI ≤ -2,00		Bardzo suchy Very dry SPI = 1,99 ÷ -1,50		Umiarkowanie suchy Moderately dry SPI = 1,49 ÷ -0,50		Razem Total SPI ≤ -0,50	
	S	A	S	A	S	A	S	A
2000	1	0	2	2	1	4	4	6
2001	0	0	0	0	2	1	2	1
2002	0	0	1	1	1	0	2	1
2003	0	0	1	0	5	5	6	5
2004	0	0	1	0	3	3	4	3
Σ 2000–2004	1	0	5	3	12	13	18	16

nokierunkowy (większą wielkość SPI wskazywała metoda automatyczna) i z wyjątkiem lipca i sierpnia były one istotne (tab. 2). Współczynnik korelacji, charakteryzujący zależność wszystkich 90 par danych, wynosił 0,975. Spośród analizowanych okresów miesięcznych dekadowe wskaźniki SPI były najbardziej zgodne we wrześniu ($r = 0,994$) i w maju ($r = 0,992$), a najmniej w kwietniu ($r = 0,962$). Zależności we wszystkich analizowanych okresach układały się liniowo (tab. 2).

Potwierdzająca dużą zgodność wszystkich trzech wskaźników analiza upoważnia do przedstawienia równań regresji umożliwiających obliczenie ciągów omawianych wskaźników otrzymanych metodą standardową na podstawie danych bazujących na pomiarze automatycznym.

Wnioski

1. Półroczne i dekadowe wielkości badanych parametrów i wskaźników agrometeorologicznych, uzyskane

na podstawie pomiarów standardowych i automatycznych, w większości przypadków różniły się istotnie. Zanotowane różnice wielkości poszczególnych parametrów i wskaźników miały najczęściej charakter jednokierunkowy. Było to wynikiem zastosowania różnych w obu metodach przyrządów pomiarowych zainstalowanych na różnych wysokościach oraz odmiennych procedur przetwarzania danych, w szczególności obliczania wielkości średnich.

2. Zastosowanie wyników pomiarów opadów atmosferycznych ze stacji automatycznej do obliczeń wskaźników agrometeorologicznych charakteryzujących warunki wodne powodowało, że klimatyczne bilanse wodne były korzystniejsze, a ocena stopnia intensywności posuchy na podstawie wskaźnika standaryzowanego opadu SPI – łagodniejsza.
3. Dekadowe średnie lub sumy badanych parametrów i wskaźników agrometeorologicznych, uzyskane na bazie pomiarów standardowych

- i automatycznych, cechowała w większości przypadków duża zgodność przebiegu. Największą zgodność wyników pomiarów dokonywanych metodą tradycyjną i automatyczną stwierdzono w przypadku parametrów charakteryzujących warunki termiczne powietrza, mniejsza dotyczyła parametrów i wskaźników określających opady i parowanie oraz ich wzajemną relację, a także cechujących warunki solarne.
4. Istotne zależności dekadowych wyników pomiarów standardowych i automatycznych upoważniają do przedstawienia równań regresji liniowej, umożliwiających zamianę danych pozyskanych ze stacji automatycznej na dane standardowe i odwrotnie. Obliczenia prowadzone na podstawie tych równań zawsze obarczone będą błędem, tym większym, im mniejszy był stopień zgodności danych.
 5. Wyniki automatycznych pomiarów temperatury powietrza, opadów atmosferycznych oraz promieniowania całkowitego dzięki dużej zgodności z wynikami pomiarów standardowych mogą być wykorzystywane w badaniach agrometeorologicznych. Zachowanie jednorodności ciągów pomiarowych nie jest jednak możliwe bez zastosowania matematycznych równań, określających współzależność danych standardowych i automatycznych.

Literatura

- BAC S., ROJEK M. 1989: Klimatyczne bilanse wodne w Polsce. W: Agroklimatyczne podstawy melioracji rolnych w Polsce. Red. S. Baca. PWRiL, Warszawa: 92–100
- GRABARCZYK S. 1976: Polowe zużycie wody a czynniki meteorologiczne. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 181: 495–512.
- GRABARCZYK S. 1989: Potrzeby wodne użytków zielonych i traw. W: Agroklimatyczne podstawy melioracji rolnych w Polsce. Red. S. Baca. PWRiL, Warszawa: 189–226.
- KUŚMIEREK R. 2006: Porównanie wyników pomiarów promieniowania całkowitego metodą pośrednią i automatyczną. *Annales UMCS LXI*, 4, B: 250–255.
- LORENC H. 2006: Ocena jakości danych meteorologicznych po wprowadzeniu automatycznych przyrządów rejestrujących na sieci IMGW. *Annales UMCS LXI*, 4, B: 256–266.
- ŁABĘDZKI L., BAŁ B. 2004: Standaryzowany klimatyczny bilans wodny jako wskaźnik suszy. *Acta Agroph.* 3(1): 117–124.
- ROJEK M., ŻYROMSKI A. 1997: Agrometeorologia i klimatologia. Wydaw. Akad. Roln., Wrocław.
- ROJEK M., ROJEK M., ŁOMOTOWSKI J. 2001: Porównanie danych meteorologicznych uzyskiwanych przy wykorzystaniu klasycznej i automatycznej stacji meteorologicznej. *Annales UMCS LV/LVI*, 37, B: 299–307.
- SZWEJKOWSKI Z. 1999: Porównanie wyników pomiarów dokonywanych za pomocą klasycznej i automatycznej stacji meteorologicznej. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 202, *Agricultura* (89) 199–202.
- ŻARSKI J., DUDEK S., KUŚMIEREK R. 2001: Wstępna ocena przydatności automatycznej stacji pomiarowej do badań agrometeorologicznych. *Zesz. Nauk. ATR* 236, *Rolnictwo* 47: 129–134.

Summary

The usefulness of automatic weather station for meteorological cover in agriculture. The aim of the study was comparison of chosen meteorological elements (air temperature, precipitation and global solar radiation) measured in the warm half-a-year with classic and automatic weather stations. Basing on the measurements three agromete-

orological indexes (climatological water balance, evapotranspiration and standardized precipitation index) were calculated. With the obtained results, prospects of automatic data use for meteorological cover in agriculture was evaluated along to the homogenous series maintaining. A particular consideration of correlative results was done to assign mathematical formulas that would allowed to use classic and automatic data series exchangeably.

Author's address:

Renata Kuśmierk
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz
Poland
e-mail: rkusmier@utp.edu.pl