

## ELEMENTY METEOROLOGICZNE KSZTAŁTUJĄCE WILGOTNOŚĆ GLEBY W OKRESACH ROZWOJOWYCH ŻYTA I ZIEMNIAKA\*

Jadwiga Nidzgorska-Lencewicz

Akademia Rolnicza w Szczecinie

**Streszczenie.** Celem pracy było określenie wpływu ważniejszych elementów meteorologicznych na kształtowanie się wilgotności gleby lekkiej pod uprawami żyta i ziemniaka w poszczególnych okresach ich rozwoju. Podstawę analizy stanowiły dobowe wyniki wilgotności gleby pod uprawami żyta i ziemniaka oraz wartości elementów meteorologicznych z lat 2001-2003, pochodzące ze Stacji Agrometeorologicznej w Lipkach koło Stargardu Szczecińskiego. Stwierdzono, że warunki pogodowe w większym stopniu determinowały wilgotność gleby pod uprawą żyta niż ziemniaka. Możliwości opisu wilgotności gleby tymi samymi elementami meteorologicznymi zmieniły się także w zależności od etapu rozwoju uprawianej rośliny. Największy wpływ elementów meteorologicznych na dobową zmienność wilgotności gleby pod uprawą żyta zaznaczył się w fenofazie kwitnienie – dojrzałość mleczna, a pod uprawą ziemniaka w fenofazie wschody – kwitnienie.

**Słowa kluczowe:** wilgotność gleby, elementy meteorologiczne, żyto, ziemniak, fenofazy

### WSTĘP

Wilgotność gleby jest istotnym czynnikiem kształtującym warunki wzrostu i rozwoju roślin uprawnych, poczynając od siewu do ich zbioru, a dla ozimin – włącznie z okresem zimowej przerwy wegetacji. Korzystny wpływ dostatecznego stanu uwilgotnienia wierzchniej warstwy gleby na plonowanie ziemniaka w skali całego kraju udowodnili Czarnecka i Kalbarczyk [2000]. Z kolei Kalbarczyk [1999], a także Grabowski [2001] stwierdzili, że istotnym zagrożeniem dla plonowania ziemniaka są zarówno nadmierne stany uwilgotnienia gleby w okresie: sadzenie – pełnia kwitnienia, jak i stany niedostateczne w drugiej połowie okresu wegetacyjnego.

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Jadwiga Nidzgorska-Lencewicz,  
Katedra Meteorologii i Klimatologii Akademii Rolniczej w Szczecinie, ul. Papieża Pawła VI 3,  
71-459 Szczecin, e-mail: jlencewicz@agro.ar.szczecin.pl

\* Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2003-04 jako projekt badawczy

Oszacowanie wielkości wilgotności gleby ułatwia podjęcie decyzji o deszczowaniu. Mimo, że nawadnianie wymaga wysokich nakładów finansowych, jego znaczenie w produkcji żywności jest olbrzymie i ciągle rośnie. Szacuje się, że w skali globu nawadniana powierzchnia produkuje 33% żywności [Witkowska-Walczak 2001]. W warunkach klimatycznych Pomorza szczególnie duże zagrożenie dla roślinności i plonowania roślin stanowią charakterystyczne dla tych terenów późnowiosenne susze atmosferyczne i glebowe, zwłaszcza w zachodniej i południowej jego części [Atlas zasobów... 2004].

Niezależnie od bezpośrednich, coraz bardziej nowoczesnych pomiarów wilgotności gleby, od wielu lat rozwijane są metody pośrednie oceny tego elementu klimatu gleby. Polegają one na opracowywaniu modeli bazujących na różnych metodach statystyczno-matematycznych, od prostych regresji liniowych po sztuczne sieci neuronowe i skomplikowane mechanistyczne modele symulacyjne [Wigneron i in. 1999, Żyromski 2001, Lamorski i Walczak 2002, Koźmiński i in. 2003, Qiu i in. 2003, Eitzinger i in. 2004]. Istotne dla sprawdzalności prognoz wilgotności gleby pod uprawami jest uwzględnienie zmieniającej się roli rośliny w zależności od jej etapów rozwojowych. Z tych względów celem niniejszej pracy było określenie wpływu ważniejszych elementów meteorologicznych na kształtowanie się wilgotności gleby lekkiej pod uprawami żyta i ziemniaka w poszczególnych okresach ich rozwoju.

## MATERIAŁ I METODY

W pracy wykorzystano dane pochodzące ze Stacji Agrometeorologicznej w Lipkach koło Stargardu Szczecińskiego. Stacja usytuowana jest w centralnej części Niziny Szczecińskiej ( $\varphi = 53^{\circ}21'$ ;  $\lambda = 14^{\circ}58'$ ), w odległości około 1,8 km na NE od jeziora Miedwie, na wysokości 30 m n.p.m.. Na terenie stacji występuje gleba lekka, brunatna kwaśna, wytworzona z piasku zwałowego, z wkładkami gliny na głębokości 70-80 cm, bez podsiąku wody gruntowej.

Podstawę opracowania stanowiły dobowe wyniki automatycznych pomiarów objętościowej wilgotności gleby (wyrażone w %), uśrednione z godzin: 02<sup>00</sup>, 08<sup>00</sup>, 14<sup>00</sup>, 20<sup>00</sup>. Terminowe wyniki wilgotności gleby reprezentowały trzyletnie serie pomiarowe pod żytem ozimym (2001-2003) i dwuletnie pod ziemniakiem (2002-2003) z okresu wegetacji wyżej wymienionych roślin. Pomiary wilgotności gleby wykonywano czujnikami Theta Probe firmy Delta-T, zainstalowanymi na głębokościach: 5, 10, 20, 30 i 50 cm. Spośród elementów meteorologicznych uwzględniono dobowe wielkości: opadów atmosferycznych, wilgotności względnej oraz niedosytu wilgotności powietrza, temperatury powietrza z 200 cm n.p.g. oraz temperatury gleby pod uprawą żyta z głębokości 5, 10, 20 i 50 cm, a pod uprawą ziemniaka – tylko z głębokości 10 i 50 cm.

Lata badań 2001-2003, według przeprowadzonej przez Michalską i Kalbarczyk [2005] klasyfikacji termiczno-opadowej dla Lipiek koło Stargardu Szczecińskiego, można zaliczyć do grupy ciepłych i suchych. Analizowane miesiące (z wyjątkiem czerwca w 2001, który był chłodny) w większości należały nawet do bardzo ciepłych. Miesiącami ekstremalnie ciepłymi okazały się sierpień w roku 2002, a także w 2003 oraz czerwiec w 2003. Z kolei ze względu na sumy opadów zdecydowaną większość miesięcy zakwalifikowano jako suche i bardzo suche. Jedynie czerwiec w 2001 r. oraz lipiec w 2003 r. charakteryzowały się sumami opadów przekraczającymi normę wieloletnią

odpowiednio o 30 i 14 mm. Dokładne wartości temperatur powietrza, a także sum opadów w miesiącach objętych analizą przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza i miesięcznych sum opadów atmosferycznych na Stacji Agrometeorologicznej w Lipkach w latach 2001-2003

Table 1. Values of monthly mean air temperature and total monthly precipitation at the Agrometeorological Station at Lipki (2001-2003)

Rok Year	Wyszczególnienie Specification	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień August
2001	a	14,5	15,4	20,3	19,5
	b	30,1	91,1	33,1	54,2
2002	a	15,6	18,4	20,7	21,5
	b	34,1	34,3	24,2	38,4
2003	a	15,1	19,6	20,4	20,0
	b	33,8	29,7	80,7	16,0

a – średnia temperatura powietrza – mean air temperature, °C

b – suma opadów – total precipitation, mm

Dobowe pomiary wilgotności gleby w latach 2001-2003 umożliwiły ocenę wpływu głównych elementów meteorologicznych na wilgotność gleby w wybranych okresach rozwojowych żyta i ziemniaka; dla żyta uwzględniono trzy fenofazy: kłoszenie – kwitnienie, kwitnienie – dojrzałość mleczna oraz dojrzałość mleczna – dojrzałość woskowa, a dla ziemniaka dwie: wschody – kwitnienie oraz kwitnienie – zasychanie łętów. Na skutek szczególnie dotkliwej posuchy w roku 2003 wyraźnemu skróceniu w stosunku do lat poprzednich uległy wszystkie wyodrębnione u żyta fenofazy. Podobnie znaczne skrócenie, ale tylko w odniesieniu do fenofazy ziemniaka kwitnienie – zasychanie łętów, zaobserwowano w roku 2002. Dokładne daty, w których wystąpiły poszczególne okresy rozwojowe żyta i ziemniaka, przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Wpływ poszczególnych elementów meteorologicznych określono zarówno w dniu pomiaru wilgotności gleby, jak i w różnej długości okresach poprzedzających ocenę wilgotności gleby. Elementy opisujące przebieg pogody w okresach wcześniejszych, liczących od dwóch do dziesięciu dni, ujmowano za pomocą wartości średnich lub sum.

Statystyczne zależności pomiędzy wilgotnością gleby pod uprawami żyta i ziemniaka a elementami meteorologicznymi oceniono za pomocą analizy regresji pojedynczej liniowej. Ścisłość związku określono posługując się wartościami współczynnika determinacji  $R^2$ , na poziomach istotności:  $\alpha = 0,1$ ,  $\alpha = 0,05$  i  $\alpha = 0,01$ . Obliczenia statystyczne wykonano w programie Statistica 7.1.

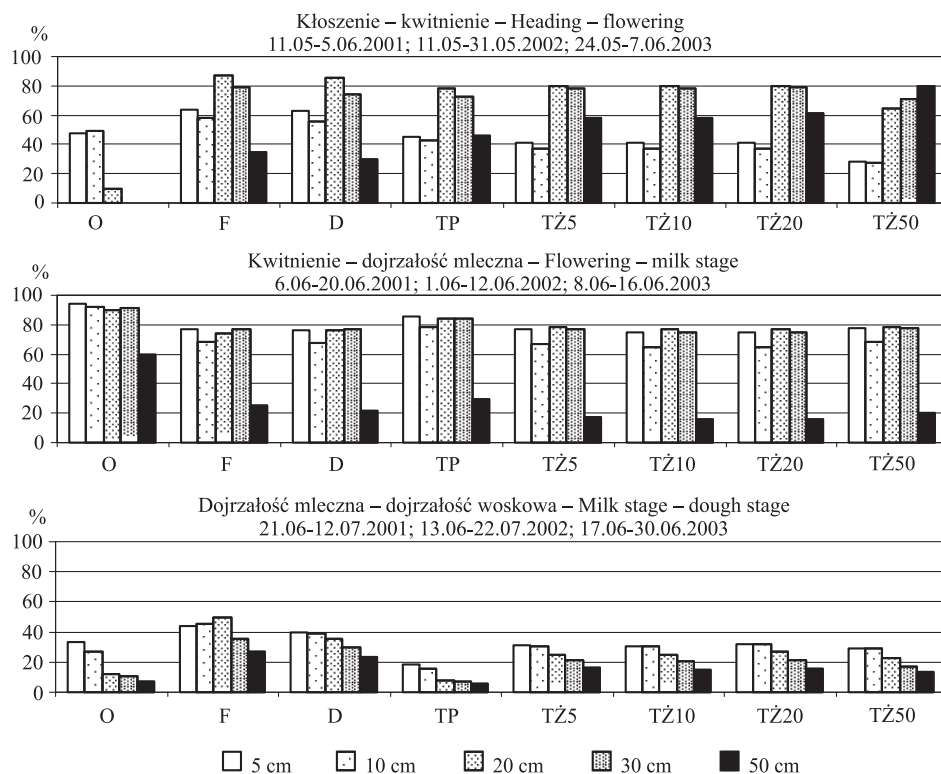
## WYNIKI I DYSKUSJA

W okresie objętym analizą średnia wilgotność pod uprawą żyta w profilu glebowym do 50 cm wahała się od 7,3 do 11,7%, natomiast pod uprawą ziemniaka od 5,1 do 14,8%.

W okresach rozwojowych żyta: kłoszenie – kwitnienie oraz kwitnienie – dojrzałość mleczna poprawę opisu wilgotności gleby uzyskano przy uwzględnieniu informacji dotyczących opadów, wilgotności względnej, niedosytu wilgotności oraz temperatury powietrza z coraz dłuższych ciągów dni (do 10). Natomiast opis wilgotności gleby na podstawie temperatury gleby z 5, 10, 20 oraz 50 cm, niezależnie od uwzględnianego

ciągu dni, był podobny. W okresie od dojrzałości mleczej do woskowej elementy meteorologiczne zapewniały najlepszy opis po uwzględnieniu ich wartości z okresów obejmujących co najmniej 10 kolejnych dni.

Dziesięciodniowe charakterystyki (średnie lub sumy) elementów meteorologicznych okazały się optymalnym (lub równie dobrym jak z krótszych okresów) ujęciem do opisu wilgotności gleby. Współczynniki determinacji, będące miarą statystycznego wpływu tak ujętych elementów meteorologicznych na wilgotność gleby na przyjętych głębokościach, w głównych fazach rozwojowych obu gatunków roślin przedstawiają rysunki 1 i 2.



O – opad atmosferyczny – precipitation

F – wilgotność względna powietrza – relative air humidity

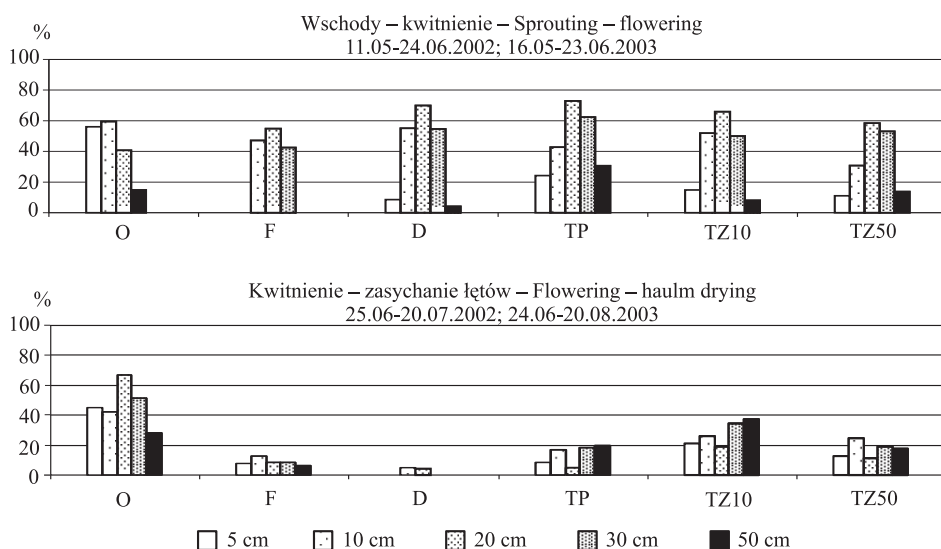
D – niedosyt wilgotności powietrza – air humidity deficit

TP – temperatura powietrza z 200 cm n.p.g. – air temperature 200 cm above ground level

TŻ5, TŻ10, TŻ20, TŻ50 – temperatura gleby pod uprawą żyta odpowiednio na głębokościach: 5, 10, 20 i 50 cm – temperature of soil under rye cultivation at the depths of 5, 10, 20 and 50 cm, respectively

Rys. 1. Współczynniki determinacji ( $R^2$  w %) dla zależności dobowej wilgotności gleby na pięciu głębokościach, w wybranych okresach rozwojowych żyta, od elementów meteorologicznych z kolejnych dziesięciu dni poprzedzających pomiar wilgotności gleby

Fig. 1. Coefficients of determination ( $R^2$  in %) for a daily (24 h) relationship between soil moisture at five depths at selected rye development stages and meteorological factors for 10 successive days preceding the soil moisture evaluation



TZ10, TZ50 – temperatura gleby pod uprawą ziemniaka odpowiednio na głębokościach: 10 i 50 cm – temperature of soil under potato cultivation at the depths of 10 and 50 cm, respectively  
 pozostałe objaśnienia jak na rys. 1 – the other explanations, see Fig. 1

Rys. 2. Współczynniki determinacji ( $R^2$  w %) dla zależności dobowej wilgotności gleby na pięciu głębokościach, w wybranych okresach rozwojowych ziemniaka, od elementów meteorologicznych z kolejnych dziesięciu dni poprzedzających pomiar wilgotności gleby

Fig. 2. Coefficients of determination ( $R^2$  in %) for a daily (24 hr) relationship between soil moisture at five depths at selected potato development stages and meteorological factors of 10 successive days preceding the soil moisture evaluation

W pierwszym ocenianym okresie rozwojowym żyta, od kłoszenia do kwitnienia, uwzględniane w analizie elementy meteorologiczne (z wyjątkiem sum opadów) najsilniej determinowały wilgotność gleby na głębokościach 20 i 30 cm ( $R^2$  – po około 80%). Natomiast sumy opadów kształtowały wilgotność gleby głównie do głębokości 10 cm, a ich rola była znacznie mniejsza niż pozostałych elementów. W wierzchniej warstwie gleby, do 30 cm, o dobowej zmienności wilgotności gleby w tej fazie decydowała głównie wilgotność powietrza, podczas gdy na większych głębokościach – do 50 cm – warunki termiczne gleby.

W kolejnym okresie rozwojowym żyta, od kwitnienia do dojrzałości młecznej, silne i podobnej wielkości oddziaływanie elementów meteorologicznych uwidaczniało się na wszystkich analizowanych głębokościach do 30 cm. Uwzględniane elementy determinowały zmienność wilgotności gleby w ponad 60%, a opady atmosferyczne – nawet w około 95%.

Zdecydowanie najłabszy opis dobowej zmienności wilgotności w glebie pod uprawą żyta uzyskano w okresie: dojrzałość młeczna – woskowa, trwającym w analizowanych latach na ogół od drugiej dekady czerwca do drugiej dekady lipca. Obliczone współczynniki determinacji dla większości elementów meteorologicznych nie przekraczały 30%, a nieco większy wpływ wywierały warunki wilgotnościowe powietrza (rys. 1).

W literaturze przedmiotu nieliczne są pozycje przedstawiające charakterystykę wilgotności gleby w okresach rozwojowych roślin w powiązaniu z warunkami pogodowymi. Żyromski [1989, 1990] wykazał istotne statystycznie związki pomiędzy wysokością plonu jęczmienia i pszenicy jarej a kształtowaniem się wilgotności w warstwach gleby o różnej miąższości w poszczególnych fazach fenologicznych tych roślin. Z kolei Prawdzic [1967] uzyskał wyraźny związek między wielkością plonów żyta i ziemniaka a nadmiarami i niedoborami wody w glebie w ich okresach krytycznych. Dla żyta najwyższym współczynnikiem korelacji charakteryzowała się międzyfaza kłoszenie – kwitnienie, natomiast dla ziemniaka – kwitnienie – dojrzewanie.

Wpływ uwzględnionych w analizie elementów meteorologicznych na kształtowanie się dobowej zmienności wilgotności gleby pod uprawą ziemniaka w obu fenofazach, wschody – kwitnienie oraz kwitnienie – zasychanie łętów, był mniejszy niż pod uprawą żyta (rys. 2). W okresie wschody – kwitnienie, od drugiej dekady maja do końca czerwca, największy wpływ większości analizowanych elementów meteorologicznych na wilgotność gleby,  $R^2$  około 60%, odnosił się do głębokości 20 i 30 cm. Jedynie opady atmosferyczne oddziaływały głównie na zmienność wilgotności w warstwie do 10 cm. W fenofazie kwitnienie – zasychanie łętów głównym elementem meteorologicznym opisującym wilgotność gleby były opady atmosferyczne, a następnie temperatura gleby na głębokości 10 cm. Zdecydowanie najsilniejszy wpływ opadów atmosferycznych zaznaczył się na głębokości 20 cm.

Koźmiński i in. [2003] w 2-letnich badaniach wilgotności gleby pod ziemniakiem w okresie pełnia kwitnienia – początek zasychania łętów zdecydowanie najwyższe zależności uzyskali dla głębokości 5 cm dla sum opadów z okresu 5-7 dni.

W opisywanej fenofazie pozostałe elementy meteorologiczne, szczególnie wilgotność względna i niedosyt wilgotności, w niewielkim stopniu kształtowały wilgotność gleby pod ziemniakiem.

Elementami meteorologicznymi, których wzrost wyraźnie wpływał na zwiększenie wilgotności gleby, zarówno pod uprawą żyta, jak i ziemniaka, były opady i wilgotność względna, natomiast pozostałe elementy oddziaływały ujemnie, czyli ich wzrost przyczyniał się do spadku wilgotności gleby. Na przykład wzrost o  $1^{\circ}\text{C}$  średniej temperatury powietrza oraz gleby na głębokości 5 cm (z okresu dziesięciodniowego) skutkowało spadkiem wilgotności od 0,3 do 2,1% w warstwie gleby 0-50 cm pod uprawą żyta w fenofazie kwitnienie – dojrzałość mleczna.

## WNIOSKI

1. W latach 2001-2003 największy wpływ elementów meteorologicznych na dobową zmienność wilgotności gleby pod uprawą żyta zaznaczył się w fenofazie kwitnienie – dojrzałość mleczna, a najmniejszy w fenofazie dojrzałość mleczna – dojrzałość woskowa. Z kolei rola warunków pogodowych w kształtowaniu dobowej wilgotności pod uprawą ziemniaka w latach 2002-2003 uwidoczniła się przede wszystkim w okresie wschody – kwitnienie i była wyraźnie mniejsza w fenofazie kwitnienie – zasychanie łętów.

2. Wilgotność gleby pod uprawą żyta w fenofazie kwitnienie – dojrzałość mleczna w największym stopniu była determinowana przez opady atmosferyczne. Natomiast przebieg wilgotności gleby pod uprawą ziemniaka w fenofazie wschody – kwitnienie był kształtowany głównie przez temperaturę powietrza.

## PIŚMIENNICTWO

- Atlas zasobów i zagrożeń klimatycznych Pomorza, 2004. Pod red. C. Koźmińskiego, B. Michalskiej, AR Szczecin.
- Czarnecka M., Kalbarczyk R., 2000. Wpływ dostatecznego uwilgotnienia gleby na plonowanie ziemniaka w Polsce. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Rolnictwo 83, 13-20.
- Eitzinger J., Trnka M., Zalud J.H.Z., Dubrovski M., 2004. Comparison of CERES, WOFOST and SWAP models in simulating soil water content during growing season under different soil conditions. *Ecological Modelling* 171(3), 223-246.
- Grabowski J., 2001. Próba określenia wpływu uwilgotnienia gleby pod ziemniakami na ich plonowanie w województwie warmińsko-mazurskim. *Rocz. AR w Poznaniu CCCXXIX*, 73-77.
- Kalbarczyk R., 1999. Ekstremalne uwilgotnienie gleby a plonowanie ziemniaka w województwie zachodniopomorskim. *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, Rolnictwo* 78, 35-48.
- Koźmiński C., Michalska B., Nidzgorska-Lencewicz J., 2003. Warunki meteorologiczne kształtujące uwilgotnienie gleby pod ziemniakiem w Stacji Agrometeorologicznej w Lipkach. *Acta Agrophys.* 84, 75-93.
- Lamorski K., Walczak R.T., 2002. Zastosowanie sieci neuronowych do wyznaczania wartości parametrów krzywej retencji wody w glebie. *Acta Agrophys.* 72, 79-88.
- Michalska B., Kalbarczyk E., 2005. Longterm changes in air temperature and precipitation on Szczecińska Lowland. *EJPAU* 8(1) #17, [www.ejpau.media.pl](http://www.ejpau.media.pl)
- Prawdź K., 1967. Wyniki plonowania żyta i ziemniaków na polu ustalonym w RZD w Lipkach, pow. Stargard, zależnie od przebiegu niektórych czynników meteorologicznych i wilgotności gleby w latach 1960-1965. *Szczec. Tow. Nauk.* XXX(2).
- Qiu Y., Fu B., Wang J., Chen L., 2003. Spatiotemporal prediction of soil moisture content using multiple-linear regression in small catchment of Loess Plateau, China. *Catena* 54, 173-195.
- Wigneron J.P., Calvet J.C., Olioso A., Chanzy A., Bertuzzi P., 1999. Estimating the Root-Zone Soil Moisture from the Combined Use of Time Series of Surface Soil Moisture and SVAT Modelling. *Phys. Chem. Earth (B)* 24(7), 837-843.
- Witkowska-Walczak B., 2001. Woda w środowisku przyrodniczym. *Acta Agrophys.* 53, 7-15.
- Żyromski A., 1989. Próba oceny związków między plonami i zasobami wodnymi gleby pod pszenicą jarą przy zróżnicowaniu faz fenologicznych oraz warstw bilansowania na tle wybranych czynników meteorologicznych. *Rocz. AR w Poznaniu CCI*, 101-113.
- Żyromski A., 1990. Ocena związków między plonami i zasobami wodnymi gleby pod jęczmieniem jarym przy zróżnicowaniu okresów i warstw bilansowania. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Melioracja* 195, 105-113.
- Żyromski A., 2001. Czynniki agrometeorologiczne a kształtowanie się zasobów wody w glebie lekkiej z podsiąkiem wód gruntowych w okresie wiosennym. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rozprawy* 404.

## METEOROLOGICAL FACTORS AFFECTING THE SOIL MOISTURE AT RYE AND POTATO DEVELOPMENT STAGES

**Abstract.** The aim of the paper was to determine the effect of important meteorological factors on the moisture of light soil under rye and potato at their respective development stages. The analysis was based on daily (24-hour) results of soil moisture measurements under rye and potato and values of meteorological factors for 2001-2003 at the Lipki Agrometeorological Station, located at the vicinity of Stargard Szczeciński. It was observed that weather conditions determined the soil moisture under rye greater than under potato. A possibility of describing the soil moisture with the same meteorological factors also varied depending on the crop development stage. The greatest effect of

meteorological factors on daily (24-hour) variability of soil moisture under rye was observed during the flowering – milk stage phenophase, and under potato during the sprouting – flowering phenophase.

**Key words:** soil moisture, meteorological factors, rye, potato, phenophases

Składam serdeczne podziękowanie Prof. dr hab. Małgorzacie Czarneckiej za cenne wskazówki i pomoc w przygotowaniu pracy.

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 28.12.2006