

WPLYW WARUNKÓW HYDROTERMICZNYCH NA PLONOWANIE
PSZENICY JAREJ W ŚRODKOWO-WSCHODNIEJ POLSCE
(1975-2005)

Elżbieta Radzka, Jolanta Jankowska

Zakład Agrometeorologii i Inżynierii Rolniczej,
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: elzbieta.radzka@uph.edu.pl

Streszczenie. Celem pracy jest ocena wpływu warunków hydrotermicznych na plonowanie pszenicy jarej w warunkach produkcyjnych środkowo-wschodniej Polski. Dane meteorologiczne zostały udostępnione przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie. Drugą grupę danych stanowiły plony pszenicy jarej, pochodzące z opracowań publikowanych przez Główny Urząd Statystyczny. Warunki hydrotermiczne określono na podstawie współczynnika Sielianinowa. Zależność między plonowaniem pszenicy jarej od wartości analizowanego współczynnika zbadano na podstawie modelu regresji wielokrotnej liniowej, z zastosowaniem procedury krokowej doboru zmiennych. Obniżające się wartości współczynnika Sielianinowa w kwietniu sprzyjały plonowaniu pszenicy jarej, a w czerwcu powodowały obniżenie plonu ziarna tej rośliny. Równania regresji pozwoliły wyjaśnić zmienność plonowania pszenicy jarej od 25 do 53%.

Słowa kluczowe: współczynnik hydrotermiczny, okres wegetacyjny, pszenica jara, plon, środkowo-wschodnia Polska

WSTĘP

Związki pomiędzy wysokością opadów atmosferycznych a plonami zbóż rozpatrywali autorzy wielu publikacji (Bombik i in. 1999, Banaszkiewicz 2003, Kalbarczyk 2010, Rakowski 2003, Radzka i in. 2009, Żarski i in. 1997), jednocześnie zwracali uwagę na trudność określenia tych zależności w praktyce, bowiem na roślinę, oprócz warunków atmosferycznych, oddziałują inne czynniki, takie jak: gleba i stosowana agrotechnika. Główną przyczyną zróżnicowania plonów uprawianych zbóż jest duża zmienność opadów pod względem ilościowym, natężenia, jak i rozkładu w czasie wegetacji (Żarski 2009, Gąsiorowska i in. 2011). Charakterystyka posuch w sensie jakościowym i ilościowym ma istotne znaczenie między innymi w zagadnieniach prognozowania plonów, gdyż mogą one powodować

poważne straty gospodarcze. Według Kędziory (2003) wielkość deficytów wodnych w latach suchych waha się na glebach lekkich od 36 do 56 mm. W latach bardzo suchych i skrajnie suchych, w których suma opadów wynosi odpowiednio 62% i 50% opadów normalnych, deficyty wodne w Wielkopolsce wahają się od 29 mm (w latach bardzo suchych na glebach cięższych) do 169 mm (w latach skrajnie suchych na glebach najlżejszych). Górski i in. (2008) przewidują, że narasta zagrożenie suszą w sezonie wegetacyjnym. Wraz z prognozowanym ociepleniem w Polsce poprawią się warunki dla plonowania roślin ciepłolubnych, natomiast pogorszą się warunki dla plonowania ziemniaka i roślin jarych.

Pszenica jara szczególnie niekorzystnie reaguje na niedobór i nadmiar wody w okresie krzewienia i strzelania w źdźbło. Jej nadmiar powoduje przedłużenie wegetacji, opóźnia dojrzewanie, a także zwiększa ilość chorób, a przy zbiorze może powodować porastanie. Dmowski i in. (2008) stwierdzili, że dostateczna ilość opadów w kwietniu i maju sprzyja wschodom i rozkrzewianiu pszenicy, a w czerwcu wykształceniu pędu głównego i pędów bocznych oraz zawiązaniu ziarna. Umiarkowane opady w lipcu sprzyjają dalszemu wykształceniu ziarna i dojrzewaniu na pędach głównych i bocznych.

Pszenica jara kiełkuje już w temperaturze 1-3°C. W fazie krzewienia wymaga temperatury w zakresie 8-12°C. Temperatura poza wymienionym zakresem jest niekorzystna. Pszenica jara ogranicza plonowanie, gdy temperatura w fazie strzelania w źdźbło i w okresie dojrzewania jest zbyt wysoka (Bombik i in. 1999, Czarnocki i in. 2009).

Celem pracy jest określenie wpływu warunków hydrotermicznych, wyrażonych za pomocą współczynnika Sielianinowa, na plonowanie pszenicy jarej w środkowo-wschodniej Polsce w latach 1975-2005.

MATERIAŁ I METODY

Wyniki obserwacji meteorologicznych wykonywane były w dziewięciu stacjach synoptycznych i klimatycznych IMGW w środkowo-wschodniej Polsce w latach 1975-2005 (rys. 1). Stacje wybrano tak, by każda reprezentowała inne województwo badanego rejonu przy uwzględnieniu podziału administracyjnego przed 1999 rokiem (tab.1). Do określenia warunków hydrotermicznych wykorzystano współczynnik Sielianinowa. Wyznaczono go, dzieląc sumę opadów atmosferycznych (P) przez sumę temperatur (t) danego miesiąca zmniejszonych dziesięciokrotnie.

Drugą grupę danych stanowiły materiały dotyczące plonowania pszenicy jarej w warunkach produkcyjnych z lat 1975-1998. Pochodziły one z opracowań publi-

kowanych przez Główny Urząd Statystyczny (Plony i zbiory głównych ziemiopłodów rolnych z lat 1975-1977, Produkcja głównych ziemiopłodów rolnych i ogrodnicy z lat 1978-1991, Produkcja podstawowych upraw rolnych według województw i grup producentów z lat 1992-1998). Plonowanie pszenicy jarej dla dziewięciu województw (podział administracyjny z lat 1975-1998) po 1998 roku do 2005 roku określono za pomocą predykcji ekonometrycznej, wykorzystując w tym celu analizę szeregów czasowych. Prognozę plonów w kolejnych latach określono jako liczbę przyjętą za najlepszą ocenę wartości zmiennej objaśnianej w okresie prognozowanym. Wyliczono równania trendów plonowania pszenicy jarej w analizowanym trzydziestoleciu, a następnie wykorzystano wartości resztowe tych równań (różnicę między plonem rzeczywistym a wyliczonym z funkcji trendu) w dalszej analizie. W ten sposób uwzględniono zmienność plonowania związaną z postępowaniem hodowlanym i poziomem agrotechniki. Zależność plonowania pszenicy jarej od wartości współczynnika Sieliana zbadano przy pomocy regresji wielokrotnej krokowej postępującej. W równaniach wykorzystano tylko te zmienne, dla których współczynniki regresji były istotne na poziomie $\alpha = 0,05$. Dla każdego równania wyznaczono współczynnik determinacji (R^2).



Rys. 1. Stacje w środkowo-wschodniej Polsce
Fig. 1. Stations in central-eastern Poland

Tabela 1. Podział administracyjny środkowo-wschodniej Polski z uwzględnieniem wybranych stacji
Table 1. Administrative division of central-eastern Poland including selected stations

| Stacja – Station | Podział administracyjny w latach 1975-1998 Administrative division in 1975-1998 | Podział administracyjny w latach 1999-2005 Administrative division in 1999-2005 |
|------------------|--|--|
| Ostrołęka | ostrołęckie | mazowieckie |
| Pułtusk | ciechanowskie | mazowieckie |
| Legionowo | warszawskie | mazowieckie |
| Siedlce | siedleckie | mazowieckie |
| Szepietowo | łomżyńskie | podlaskie |
| Białowieża | białostockie | podlaskie |
| Biała Podlaska | białkopodlaskie | lubelskie |
| Sobieszyn | lubelskie | lubelskie |
| Włodawa | chełmskie | lubelskie |

WYNIKI I DYSKUSJA

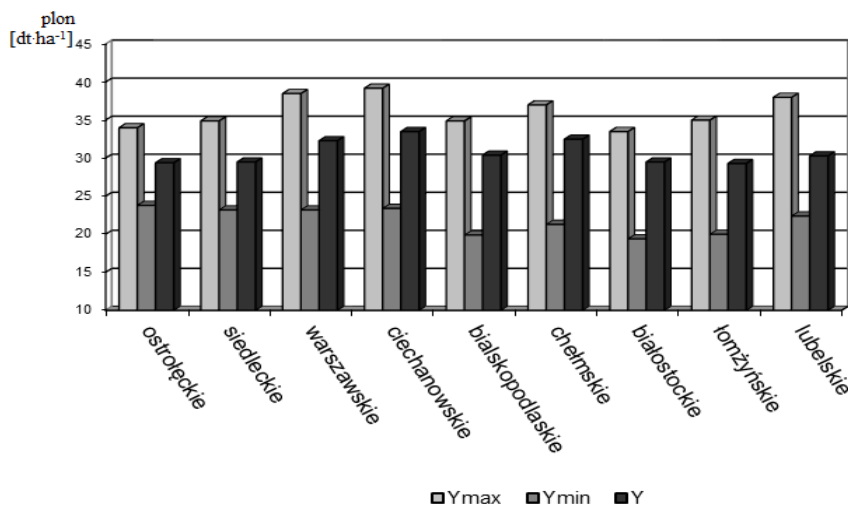
Badanie warunków hydrotermicznych pod kątem potrzeb gospodarki rolnej jest ważne z powodu występujących i pogłębiających się niedoborów wodnych. Optymalne warunki hydrotermiczne w środkowo-wschodniej Polsce występowały najczęściej w czerwcu, lipcu i wrześniu (Radzka 2014). Północno-wschodnią część badanego obszaru w latach 1971-2005 w kwietniu zakwalifikowano jako dość wilgotną, a południowo-zachodnią w maju i sierpniu jako dość suchą.

W latach 1975-2005 wartości współczynnika hydrotermicznego Sielanianowa (średnia ze wszystkich stacji) w okresie wegetacji pszenicy jarej (IV-VIII) kształtowały się w granicach od 1,22 w sierpniu do 1,83 w kwietniu (tab. 2). W kwietniu w Białowieży i w Siedlcach zanotowano największe średnie miesięczne wartości tego parametru, wynoszące odpowiednio 2,35 i 2,20. Najmniejsza średnia miesięczna wartość analizowanego współczynnika wystąpiła w sierpniu w Białej Podlaskiej (1,07). Średnie wartości dla okresu wegetacyjnego (IV-VIII) wahały się od 1,35 i 1,36 odpowiednio w Białej Podlaskiej i Legionowie do 1,69 i 1,63 odpowiednio w Białowieży i Siedlcach.

Na rysunku 2 przedstawiono charakterystykę plonowania pszenicy jarej w poszczególnych województwach. Średni plon tej rośliny w wieloleciu 1975-2005 kształtował się na poziomie 30,7 dt·ha⁻¹. Maksymalny plon osiągał wartość 39,2 dt·ha⁻¹ (ciechanowskie), a minimalny 19,4 dt·ha⁻¹ (białostockie).

Tabela 2. Średnie wartości współczynnika Sielianinowa w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego (IV-VIII) w środkowo-wschodniej Polsce w latach 1975-2005**Table 2.** Average values of Sielianinov's coefficient in particular months of the vegetation season (IV-VIII) in central-eastern Poland in the period of 1975-2005

| Stacja – Station | IV | V | VI | VII | VIII | Średnia Average IV-VIII |
|-------------------|------|------|------|------|------|-------------------------------|
| Ostrołęka | 1,81 | 1,28 | 1,40 | 1,45 | 1,10 | 1,41 |
| Pułtusk | 1,76 | 1,29 | 1,57 | 1,35 | 1,11 | 1,42 |
| Legionowo | 1,49 | 1,28 | 1,49 | 1,33 | 1,20 | 1,36 |
| Siedlce | 2,20 | 1,52 | 1,56 | 1,56 | 1,32 | 1,63 |
| Szepietowo | 1,92 | 1,32 | 1,43 | 1,38 | 1,17 | 1,44 |
| Białowieża | 2,35 | 1,47 | 1,67 | 1,56 | 1,38 | 1,69 |
| Biała Podlaska | 1,73 | 1,17 | 1,46 | 1,31 | 1,07 | 1,35 |
| Sobieszyn | 1,87 | 1,13 | 1,56 | 1,40 | 1,10 | 1,41 |
| Włodawa | 1,35 | 1,61 | 1,28 | 1,34 | 1,56 | 1,43 |
| Średnia – Average | 1,83 | 1,34 | 1,49 | 1,41 | 1,22 | |

**Rys. 2.** Wartości plonów średnich (Y), najniższych (Ymin) i najwyższych (Ymax) pszenicy jarej w poszczególnych województwach środkowo-wschodniej Polski w latach 1975-2005**Fig. 2.** Values of average (Y), lowest (Ymin) and highest (Ymax) yields of spring wheat in individual provinces of central-eastern Poland in the years 1975-2005

Przeprowadzona analiza trendów pozwoliła ustalić statystyczny kierunek i skalę zmian plonów pszenicy jarej w badanym wieloleciu. Wyliczone trendy okazały się statystycznie istotne we wszystkich stacjach (wyj. Włodawa i Biała Podlaska) – tabela 3. Wartości istotnych współczynników regresji wahały się od 0,13 w Sobieszynie do 0,33 w Białowieży, co wskazuje na wzrost plonowania pszenicy jarej w badanych latach. Najniższą wartość współczynnika determinacji zanotowano w Pułtusk (14%), a najwyższą w Ostrołęce (63%). Podobne trendy zmian plonów, istotne u wszystkich badanych gatunków roślin, zanotowali Szwejkowski i in. (2008) w północno-wschodniej części Polski w latach 1966-2005. Jak twierdzą autorzy, może to oznaczać, że występuje dający się wyrazić zdefiniować postęp w zakresie technologii produkcji roślin uprawnych.

Tabela 3. Trendy zmian średnich plonów pszenicy jarej w środkowo-wschodniej Polsce w latach 1975-2005

Table 3. Trends of average spring wheat yields change in central-eastern Poland in the years 1975-2005

| Stacja Station | Podział administracyjny w latach 1975-1998 Administrative division in 1975-1998 | Postać równania trendu Trend equation | Współczynnik R ² Coefficient R ² (%) |
|-------------------|--|--|--|
| Włodawa | ostrołęckie | $y = 26,93 + 0,06x$ | 23 |
| Pułtusk | ciechanowskie | $y = 24,88 + 0,18x^*$ | 14 |
| Siedlce | warszawskie | $y = 21,39 + 0,22x^*$ | 25 |
| Białowieża | siedleckie | $y = 19,13 + 0,33x^*$ | 56 |
| Szepietowo | łomżyńskie | $y = 20,42 + 0,29x^*$ | 37 |
| Biała Podlaska | białostockie | $y = 26,01 + 0,02x$ | 20 |
| Legionowo | białkopodlaskie | $y = 23,55 + 0,42x^*$ | 38 |
| Sobieszyn | lubelskie | $y = 26,18 + 0,13x^*$ | 42 |
| Ostrołęka | chełmskie | $y = 21,18 + 0,24x^*$ | 63 |

*– istotny przy $p \leq 0,05$ – *significant at $p \leq 0,05$.

Zmienność plonowania analizowanej rośliny w latach 1975-2005 była od 25 (Biała Podlaska) do 53% (Białowieża) determinowana przez wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianiowa (tab. 4).

Wyznaczone równania trendu plonowania pszenicy jarej można potraktować jako określenie wpływu czynników poza losowych. Natomiast różnice pomiędzy plonami rzeczywistymi w danym roku a wartościami wyliczonymi z funkcji trendu wskazują na działanie czynnika losowego, jakim jest układ elementów pogodowych (Szwejkowski i in. 2008). Na podstawie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że liczba zmiennych niezależnych, tworzących optymalną postać równania regresji, wyniosła od 1 do 3. Na plonowanie pszenicy jarej wpływały wartości

współczynnika Sielianinowa czerwca (dodatnio) – trzy przypadki, kwietnia (ujemnie) – trzy przypadki i po jednym przypadku maja i lipca (ujemnie). Obniżanie się wartości współczynnika Sielianinowa ($k < 0,40$ – miesiąc skrajnie suchy, $0,41 < k < 0,70$ – miesiąc bardzo suchy, $0,71 < k < 1,0$ – miesiąc suchy) wskazuje na wzrost intensywności posuch. Natomiast wartość współczynnika regresji wskazuje, o ile zmieni się zmienna zależna (y) przy wzroście zmiennej x o jedną jednostkę. Analiza równań regresji wykazała, że obniżenie wartości współczynnika Sielianinowa o jedną jednostkę w czerwcu wpływało na zmniejszenie plonu pszenicy jarej nawet o $3,52 \text{ dt ha}^{-1}$ (Ostrołęka). W kwietniu współczynniki regresji były ujemne, co wskazuje, że nadmiar wody wiosną niekorzystnie wpływa na wegetację pszenicy jarej. Obniżenie wartości badanego współczynnika w tym miesiącu o jedną jednostkę powodowało wzrost plonowania od $0,35 \text{ dt ha}^{-1}$ (Włodawa) do $1,39 \text{ dt ha}^{-1}$ (Białowieża). Radzka i in. (2009) stwierdzili, że plon pszenicy jarej w środkowo-wschodniej Polsce w latach 1968-1997 był wysoce istotnie (Legionowo) i istotnie (Włodawa) ujemnie skorelowany z wartościami wskaźnika uwilgotnienia atmosfery (stosunek opadu do parowania) w kwietniu. Natomiast zwiększająca się intensywność posuch, określonych na podstawie tego wskaźnika, w maju i czerwcu wpływała istotnie na obniżenie jej plonowania. Również Dmowski i in. (2008) podają, że wyższa od optymalnej suma opadów w miesiącach marzec-kwiecień ma ujemny wpływ na plon pszenicy jarej.

Tabela 4. Zależność plonowania pszenicy jarej od wartości współczynnika Sielianinowa w poszczególnych stacjach badanego regionu

Table 4. Correlation between spring wheat yields and the values of Sielianinov's hydrothermal coefficient at the individual stations of the examined area

| Stacja – Station | Równania regresji – Regression equation | R ² (%) |
|------------------|---|--------------------|
| Ostrołęka | $y = 28,44^* + 3,52VI^*$ | 36 |
| Białowieża | $y = 31,59^* - 1,39IV^* - 1,36V^* + 1,60VI^*$ | 53 |
| Biała Podlaska | $y = 26,46^* - 0,09VII^*$ | 25 |
| Włodawa | $y = 28,37^* - 0,35IV^*$ | 31 |
| Sobieszyn | $y = 30,10^* - 1,19IV^* + 1,21VI^*$ | 48 |

– istotny przy $p \leq 0,05$ –– significant at $p \leq 0,05$.

Natomiast opady w maju, czerwcu i lipcu dodatnio wpływały na plon, jednak znaczenie opadu lipca było mniejsze niż opadów poprzednich miesięcy. Także Michałska i Witos (2000) stwierdziły, że opad powyżej 30 mm w marcu obniżał plon o około 1 dt ha^{-1} na każde 10 mm opadu. Jednym z czynników oddziałujących na plon pszenicy jarej, jak donosi Banaszkiewicz (2003), okazała się średnia tempe-

ratura kwietnia. Plony tej rośliny wzrastały wraz ze wzrostem temperatury tego miesiąca. Natomiast wzrost temperatury w okresie IV-V miał ujemny wpływ na jej plonowanie.

WNIOSKI

1. Wykazano istotny statystycznie, potwierdzony trendem liniowym, wzrost plonowania pszenicy jarej w środkowo-wschodniej Polsce w badanym wieloleciu. Plon wzrastał od 0,13 dt ha⁻¹ na rok w Sobieszynie do 0,33 dt ha⁻¹ na rok w Białowieży.

2. W okresie wegetacji pszenicy jarej (IV-VIII) w latach 1975-2005 wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa kształtowały się w granicach od 1,22 w sierpniu do 1,83 w kwietniu. Najmniejsze średnie wartości tego współczynnika dla okresu wegetacyjnego (IV-VIII) zanotowano w Białej Podlaskiej i Legionowie (odpowiednio 1,35 i 1,36), a największe w Białowieży i Siedlcach (odpowiednio w do 1,69 i 1,63).

3. Ostateczną postać równania regresji w większości stacji tworzyły wartości współczynnika Sielianinowa dla czerwca i kwietnia. Obniżenie wartości badanego współczynnika o jedną jednostkę w czerwcu powodowało istotne spadki plonowania pszenicy jarej nawet o 3,52 dt ha⁻¹ (Ostrołęka), a w kwietniu wzrost plonowania od 1,19 dt ha⁻¹ (Sobieszyn) do 1,41 dt ha⁻¹ (Białowieża).

4. Równania regresji pozwoliły wyjaśnić zmienność plonowania pszenicy jarej od 25 (Biała Podlaska) do 53% (Białowieża).

PIŚMIENNICTWO

- Banaszkiewicz B., 2003. Zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych w Polsce północnej i jej wpływ na produktywność rolniczą klimatu [w:] Zastosowania metod statystycznych w badaniach naukowych II. Red. Jakubowski I. i Wątroba I. StatSoft, Kraków, 371-380.
- Bombik A., Koc G., Starczewski J., 1999. Plonowanie podstawowych roślin uprawnych w zależności od przebiegu warunków meteorologicznych. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, 79, 20-37.
- Czarnocki Sz., Garwacka A., Starczewski J., 2009. Architektura łanu i plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od zastosowanych technologii uprawy. *Fragm. Agron.*, 26(3), 34-41.
- Dmowski Z., Dzieżyc H., Nowak L., 2008. Ocena wpływu wybranych parametrów opadu i gleby na plonowanie pszenicy jarej w rejonie południowo-zachodniej Polski. *Acta Agrophysica*, 11(3), 613-622.
- Gąsiorowska B., Koc G., Buraczyńska D., Struk K., 2011. Wpływ warunków pogodowych na plonowanie zbóż uprawianych w rolniczej stacji doświadczalnej w Zawadach. *Infrastr. i Ekolog. Ter. Wiejskich*, 6, 91-99.
- Górski T., Kozyra J., Doroszewski A., 2008. Field crop losses in Poland due to extreme weather conditions – case studies. W: *The Influence of Extreme Phenomena on the Natural Environment and Human Living Conditions*; red.: S. Liszewski, Łódzkie Towarzystwo Naukowe, 35-49.
- Kalbarczyk E., 2010. Zmienność plonu ziarna pszenicy jarej w Polsce w warunkach różnego nasilenia suszy atmosferycznej. *Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ.*, 1(47), 20-33.

- Kędziora A., 2003. Ocena deficytów wodnych na obszarach rolniczych na przykładzie zlewni Wysockość. [W:] Działalność naukowa PAN, 15, 117-119.
- Michalska B., Witos A., 2000. Weather-based spring wheat yielding forecasting. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 3(2), series Agronomy, 9, 1-9.
- Radzka E., 2014. Hydrothermal characteristics of vegetation period in central-eastern Poland in years 1971-2005. Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis. Agricultura, Alimentaria, Piscaria et Zootechnica, 312(31),133-142.
- Radzka E., Koc G., Bombik A., 2009. Wpływ posuch na plonowanie pszenicy jarej w środkowo-wschodniej Polsce. Acta Agrophysica, 13(2), 445-454.
- Rakowski D., 2003. Wpływ deszczowania i nawożenia na plonowanie wybranych odmian pszenicy jarej i pszenżyta jarego uprawianych na glebie lekkiej. I. Plony ziarna. Acta Sci. Pol. Ser. Agric., 2, 2, 18-31.
- Skowera B., Puła J., 2004: Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971-2000. Acta Agrophysica, 3(1), 171-177.
- Szwejkowski Z., Dragańska E., Suchecki S., 2008. Prognoza wpływu spodziewanego globalnego ocieplenia w roku 2050 na plonowanie roślin uprawnych w Polsce północno-wschodniej. Acta Agrophysica, 12(3), 791-800.
- Żarski J. 2009. Efekty nawadniania roślin zbożowych w Polsce. Infrastr. i Ekolog. Ter. Wiejskich, 6, 29-42.
- Żarski J., Dudek S., Rzekanowski Cz., 1997. Wpływ warunków wodnych na plonowanie jęczmienia jarego i pszenicy jarej. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, 313, 197-202.

EFFECT OF HYDROTHERMAL CONDITIONS ON SPRING WHEAT YIELD IN CENTRAL-EASTERN POLAND (1975-2005)

Elżbieta Radzka, Jolanta Jankowska

Department of Agrometeorology and Agricultural Engineering,
University of Natural Sciences and Humanities
ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: elzbieta.radzka@uph.edu.pl

Abstract. The aim of the study was to evaluate the effect of hydrothermal treatment on the yield of spring wheat in the production conditions of central-eastern Poland. Hydrothermal conditions were determined by the Sielianinov hydrothermal coefficient. Meteorological data were provided by the Institute of Meteorology and Water Management in Warsaw. The second data group was spring wheat yields derived from studies published by the Central Statistical Office. The relationship between the yield of spring wheat and the hydrothermal conditions was constructed using multiple linear regression model with the application of the stepwise procedure of variables selection. More intensive drought in April favoured spring wheat yielding, while drought occurring in June resulted in a reduction in grain yield of the plant. The regression equations constructed allowed to explain the variability of spring wheat yield from 25 to 53%.

Keywords: hydrothermal coefficient, growing season, spring wheat, yield, central-eastern Poland