

Mykola Marenych*, **Olena Verevska****, **Antonina Kalinichenko*****, **Mariusz Dacko******

**Poltawska Państwowa Akademia Rolnicza, Ukraine, **LLC Louis Dreyfus Commodities Ukraine LTD,
Uniwersytet Opolski, Polska, *Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Polska*

OCENA ODDZIAŁYWANIA CZYNNIKÓW POGODOWYCH NA POZIOM PLONOWANIA PSZENICY OZIMEJ NA UKRAINIE W UJĘCIU REGIONALNYM

*ASSESSMENT OF THE IMPACT OF WEATHER CONDITIONS ON THE YIELD
OF WINTER WHEAT IN UKRAINE IN TERMS OF REGIONAL*

Słowa kluczowe: pszenica ozima, plon, czynniki agrometeorologiczne, model regresji

Key words: winter wheat, yield, agricultural and weather factors, regression model

Abstrakt. Celem pracy była ocena wpływu czynników agroklimatycznych (opadów i temperatury) na kształtowanie plonu pszenicy ozimej na Ukrainie. Kluczowym czynnikiem wpływającym na plonowanie tego zboża w warunkach Ukrainy okazała się liczba dni o temperaturze poniżej -17°C , ilość i częstotliwość opadów oraz liczba dni w okresie zimowania o temperaturze powyżej 0°C i 5°C . Korzystając z danych statystyki publicznej oszacowano równania regresji plonów pszenicy ozimej w latach 2001-2010. Opracowane modele stosunkowo dobrze odzwierciedlały rzeczywistość i mogłyby być wykorzystane do przewidywania zbiorów oraz kształtowania polityki państwa w zakresie interwencji na rynku zbóż. Skuteczne prognozowanie wydajności i wielkości zbiorów zbóż wymaga sprawnego i ciągłego monitoringu kluczowych czynników agrometeorologicznych. Jak pokazuje praktyka, szczególnie problem mogą sprawiać pogodowe zmienności. Z przeprowadzonych analiz wynika, że istnieją pewne możliwości łagodzenia nieurodzaju występującego w efekcie tych zmienności.

Wstęp

Wybitny duński fizyk Niels Bohr stwierdził kiedyś żartobliwie, że przewidywanie jest trudne, szczególnie, gdy dotyczy przyszłości. Badacz ten poniekąd miał rację, gdyż rzeczywistość w odróżnieniu od przyszłości, absolutnie pewna i znana w szczegółach może być tylko przeszłość. Ale przynajmniej w odniesieniu do przewidywania wydajności produkcji zbóż w rolnictwie, stwierdzenie to, jak się wydaje, traci swą adekwatność dzięki istnieniu coraz bardziej zaawansowanych metod obliczeniowych i coraz lepszemu monitoringu agrometeorologicznych czynników istotnych dla plonowania roślin. Wydajność produkcji pszenicy ozimej na Ukrainie jest przy obecnym poziomie agrotechniki w tym kraju uwarunkowana przede wszystkim czynnikami agroklimatycznymi, te zaś monitorowane są w sposób ciągły i coraz precyzyjniej. Zdaniem Tarariko [2006] czynnikiem meteorologicznym można przypisać średnio od 40 do 60% wpływu na plonowanie tego zboża. Przy czym, im niższy poziom rolnictwa, tym bardziej plon zależy od jakości gleby i warunków klimatycznych. W przypadku rolnictwa ekstensywnego plonowanie aż w 60% zależy od czynników środowiskowych. Przy intensywnej gospodarce rolnej wpływ warunków środowiskowych zmniejsza się niemal trzykrotnie [Lukin, Sushkov 2005]. Warunki pogodowe wywierają więc istotny wpływ na wzrost, rozwój i plonowanie roślin uprawnych. Chcąc skutecznie przewidywać plony i zbiory należy w szczególności uwzględnić czynniki meteorologiczne, choć liczba rozmaitych czynników wpływających na plonowanie roślin może być duża, a różnorodność ich interakcji – jeszcze większa. Zdaniem Kuliga i in. na plonowanie roślin potencjalnie może oddziaływać nawet kilkaset czynników, z których w procesie modelowania trzeba wyodrębnić pewną ograniczoną liczbę istotnych parametrów i uwzględnić je w modelu matematycznym [Kulig i in. 2014]. Nikolaev i współautorzy [1999] oraz Shatylov i współautorzy [1980] dodają, że prognozowanie plonów utrudnia praktyka uśredniania danych meteorologicznych, które po takim

uogólnieniu słabiej korelują z ekonomicznymi czynnikami wydajności w rolnictwie. Niemniej według Sarkara [2003], dokładność współczesnych obliczeń matematycznych sprowadza różnice między przewidywanymi i rzeczywistymi plonami do rzędu 5-11%.

Zarówno teoria, jak i praktyka wskazują, że szczególny wpływ na przebieg wegetacji roślin mają panujące w tym czasie temperatury, ilość i rozkład opadów, wartości współczynnika hydrotermicznego oraz wielkości promieniowania fotosyntetycznego. Pierwszym dwóm z tych czynników przypisuje się nawet 70% wpływ na różnicowanie wydajności [Smaga i in. 2006, Sharrat 2003]. Badania prowadzone w warunkach polskich także potwierdzają znaczenie czynnika temperatury i opadów. Rymuza i współautorzy [2012] wykorzystując analizę korelacji i modele regresji krokowej stwierdzili, że plonowanie pszenżyta ozimego na polach doświadczalnych okolic Siedlec zależało (w ponad 30%) od temperatury w grudniu i marcu oraz opadów w styczniu (40%). Z kolei plonowanie żyta było determinowane głównie średnią temperaturą czerwca (prawie 40%) oraz opadami w styczniu (21%) i maju (18%). Badania prowadzone przez tych autorów potwierdzają, że również w warunkach klimatycznych Polski plony zbóż, poza czynnikiem glebowym i agrotechnicznym, w szczególnym stopniu zależą od warunków pogodowych, głównie zaś od temperatury powietrza i opadów. Dlatego też właśnie te czynniki wzięto pod uwagę podczas próby przewidywania plonów pszenicy ozimej na Ukrainie.

Celem badań była ocena wpływu podstawowych czynników klimatycznych na kształtowanie się plonów pszenicy ozimej wraz z oceną możliwości zastosowania tych wzorców do przewidywania zbiorów w całym kraju. Możliwość przewidywania wielkości zbiorów zbóż wydaje się szczególnie istotna dla kształtowania polityki interwencyjnej państwa w tym zakresie.

Materiał i metodyka badań

W pracy do modelowania plonów zastosowano proste i wielowymiarowe modele regresji. Pozwoliły one wyjaśnić meteorologiczne czynniki wpływające na wysokość plonu, dzięki uwzględnieniu zmienności w kształtowaniu się tych czynników. Zastosowanie metod statystyki matematycznej pozwoliło na wyodrębnienie czynników szczególnie istotnych i oszacowanie ich wpływu na kształtowanie się plonu.

Materiał badawczy stanowiły dane z pomiarów temperatury oraz ilości opadów w poszczególnych regionach Ukrainy. Przygotowując zestaw predyktorów wydajności pszenicy ozimej zwrócono uwagę na ekstremalne wartości temperatur, długość okresów mrozu z temperaturą poniżej -17°C , długość okresów odwilży z temperaturą powyżej 0°C i powyżej 5°C . Jako zmienną zależną przyjęto plony pszenicy ozimej według Urzędu Statystycznego Ukrainy w latach 2001-2010. Do predykcji plonu zastosowano metodę liniowej regresji prostej i wielorakiej.

Wyniki badań

Całkowite zbiory pszenicy ozimej (podobnie jak i innych zbóż) bezpośrednio zależą od wydajności plonów. Zależność korelacyjną pomiędzy tymi dwoma parametrami oszacowano na poziomie $r = 0,56$, co może oznaczać dodatkowy wpływ zróżnicowanego poziomu agrotechniki oraz ukształtowania skali produkcji. Korelacja zbiorów ze skalą produkcji kształtowała się na niższym poziomie ($r = 0,30$), jednak oba oszacowane współczynniki korelacji były istotne przy poziomie $p < 0,01$.

Z analizy danych długoterminowych i oszacowanych na ich podstawie korelacji wynikało, że głównymi meteorologicznymi czynnikami, które wpływają na poziom wydajności pszenicy ozimej, są:

- liczba dni o temperaturze poniżej -17°C ($r = -0,40$),
- liczba dni o temperaturze powyżej 0°C ($r = 0,22$),
- opad (mm) w okresie od kwietnia do maja ($r = 0,18$).

Szacując odrębnie wpływ każdego z tych czynników na plonowanie pszenicy ozimej wytypowano cztery równania o najlepszym dopasowaniu do danych faktycznych (plony oszacowane na podstawie tych czterech równań regresji prostej podlegają uśrednieniu):

$$Y = 3,095 - 0,052 \times T_{-17}$$

$$Y = 2,53 + 0,012 \times T_0$$

$$Y = 2,64 + 0,0052 \times O_{kwi}$$

$$Y = 2,59 + 0,0042 \times O_{maj}$$

gdzie: Y – średnia wydajność upraw pszenicy ozimej (t/ha), T_{-17} – liczba dni o temperaturze niższej od -17°C , T_0 – liczba dni o temperaturze powyżej 0°C , O_{kwi} – suma opadów w kwietniu (mm), O_{maj} – suma opadów w maju (mm).

Równania te przedstawiają uogólnioną zależność plonowania pszenicy ozimej od czynników meteorologicznych dla warunków Ukrainy i wskazują na potencjalne możliwości prognozowania tego plonu. Jednakże, efekt łącznego oddziaływania tych czynników może być w poszczególnych latach bardzo zróżnicowany. Na bazie obserwacji czynników meteorologicznych i szacunków plonów w latach 2001-2010 przeprowadzono obliczenia, typując dla każdego roku zestaw równań regresji prostej (tab. 1).

Różna liczba równań i różne wartości współczynników wynikały z różnorodności czynników meteorologicznych w poszczególnych latach. Plon przewidywany dla danego roku jest wartością uśrednioną wyników obliczeń poszczególnych równań regresji prostej. W 2001 roku wydajność pszenicy ozimej zależała głównie od opadów we wrześniu, styczniu i maju. W 2002 roku o plonie przesądziła liczba dni szczególnie mroźnych oraz opady w styczniu (głównie w postaci roztopów towarzyszących okresom odwilży). W 2003 roku odnotowano

najniższe plony z całego okresu badawczego. Powodem tego było wystąpienie wielu niekorzystnych warunków zimowania upraw i wznowienia ich wegetacji w okresie wiosennym. Dlatego w wyjaśnieniu kształtowania się plonu wzięto udział aż sześć równań liniowej regresji prostej. W roku tym największe spadki plonów dotknęły obszary przodujące w produkcji pszenicy na Ukrainie, tj. dnipro-pietrowski, chersoński, kirowogradski, odesski, połtawski i zaporoski. Wystąpił jednak przy tym paradoks. W kilku regionach słabiej predysponowanych do produkcji pszenicy ozimej praktycznie nie odnotowano spadków plonów. Nieurodzaj ominął regiony: wołyński, zakarpaccy, lwowski i iwano-frankowski. Regiony te okazały się być bardziej odporne na skrajnie niekorzystne warunki meteorologiczne. Mogłyby one zatem przejść w okresach nieurodzaju ciężar produkcji pszenicy. W 2004 roku warunki pogodowe były już znacznie korzystniejsze. Wydajność

Tabela 1. Predykcja plonów pszenicy ozimej w zależności od czynników meteorologicznych

Table 1. Prediction of winter wheat yield depending on factors meteorological

| Lata/ Years | Równania regresji prostej/Equations of simple regression models | Plon/Yield [t/ha] | |
|----------------|---|----------------------|----------------------------|
| | | faktyczny/ actual | przewidywany/ estimated |
| 2001 | $1,74 + 0,013 \times O_{wrz}$ $3,65 + 0,018 \times O_{sty}$ $1,32 + 0,03 \times O_{maj}$ | 2,88 | 2,97 |
| 2002 | $3,24 - 0,13 \times T_{-17}$ $3,77 - 0,03 \times T_0$ $3,52 - 0,017 \times O_{sty}$ | 3,05 | 3,39 |
| 2003 | $1,38 - 0,65 \times T_5$ $0,56 + 0,014 \times O_{paz}$ $0,75 + 0,046 \times O_{lis}$ $2,33 - 0,021 \times O_{sty}$ $2,61 - 0,046 \times O_{mar}$ $1,06 + 0,014 \times O_{maj}$ | 1,46 | 1,89 |
| 2004 | $3,44 - 0,17 \times T_5$ $2,65 + 0,08 \times O_{paz}$ $3,76 - 0,017 \times O_{lis}$ | 3,26 | 3,84 |
| 2005 | $2,38 + 0,01 \times O_{wrz}$ | 2,89 | 2,72 |
| 2006 | $1,8 + 0,011 \times O_{mar}$ | 2,52 | 2,78 |
| 2007 | $3,73 - 0,024 \times T_0$ $2,095 + 0,0015 \times O_{lut}$ $2,26 + 0,007 \times O_{maj}$ | 2,57 | 3,05 |
| 2008 | $4,95 - 0,045 \times T_0$ | 3,66 | 3,84 |
| 2009 | $2,52 + 0,001 \times O_{lis}$ $2,68 + 0,015 \times O_{gru}$ | 3,22 | 3,08 |
| 2010 | $3,1 - 0,0095 \times O_{gru}$ $2,11 + 0,01 \times O_{sty}$ | 2,73 | 2,88 |

Źródło: obliczenia własne

Source: own study

zależała wówczas od liczby dni odwilży o temperaturach powyżej 5°C oraz opadów w październiku i listopadzie. Dla plonów z 2005 roku kluczowe znaczenie miały opady, które wystąpiły we wrześniu 2004 roku. Zapewniły one niezbędne rezerwy wody w okresie jesiennej wegetacji upraw. Rok 2006 prawie się nie różnił od poprzedniego poziomem wydajności, ale kluczową rolę odegrały opady z marca. W 2007 roku czynnikami krytycznymi były liczba dni z temperaturą powyżej 0°C oraz opady odnotowane w lutym i maju. W 2008 roku warunki wzrostu pszenicy ozimej były najkorzystniejsze w całym badanym 10-leciu. W tym roku średnie plony tego zboża na Ukrainie wyniosły 3,66 t/ha. Najwyższą wydajność osiągnięto w regionie czerkaskim (4,74 t/ha), charkowskim (4,63 t/ha), kijowskim (4,14 t/ha), połtawskim (4,36 t/ha) i winnickim (4,34 t/ha). Z analizy regresji wynikało, że kluczową rolę odegrała liczba dni o temperaturze powyżej 0°C. Średnia wydajność badanego zboża w 2009 roku była również wysoka i wyniosła 3,22 t/ha. Zasadniczą rolę w jej kształtowaniu przypisać należało jednak opadom z września i grudnia roku poprzedzającego. Także w 2010 roku głównym czynnikiem plonotwórczym były opady – tym razem jednak z listopada i stycznia.

Podane w tabeli 1 równania wydajności pozwalają z dużym prawdopodobieństwem skojarzyć wydajność upraw pszenicy ozimej z występującymi w poszczególnych latach czynnikami meteorologicznymi. Podjęto także próbę oszacowania równań liniowej regresji wielorakiej wyjaśniających plonowanie w całym badanym 10-letnim okresie:

$$Y_1 = 2,98 + 0,0061 \times O_{paz} - 0,118 \times T_{-17} \quad (1)$$

$$Y_2 = 1,8 + 0,015 \times O_{mar} + 0,052 \times T_0 - 0,18 \times T_5 - 0,043 \times T_{-17} \quad (2)$$

Oba modele stosunkowo dobrze odzwierciedlały dane historyczne wskazując na główne krytyczne czynniki środowiskowe, za pomocą których można przewidywać wydajność pszenicy na Ukrainie, a co za tym idzie także i zbiorów ziarna.

W przykładzie posłużono się uśrednioną wartością plonu (ostatni wiersz tabeli 2). Chcąc osiągnąć większą dokładność, równania takie należałoby jednak opracować dla każdego regionu odrębnie, ponieważ według danych w tabeli 2, różnorodność czynników klimatycznych prowadzi na Ukrainie do znacznych regionalnych zróżnicowań plonów.

Tabela 3. Faktyczne i przewidywane plony pszenicy ozimej
Table 3. The actual and predicted yields of winter wheat

| Lata/ Years | Plon faktyczny/ Actual yield [dt/ha] | Plon przewidywany/ Predicted yield [dt/ha] | |
|----------------|---|---|-------|
| | | Y_1 | Y_2 |
| 2001 | 2,88 | 3,02 | 3,72 |
| 2002 | 3,05 | 2,51 | 3,13 |
| 2003 | 1,46 | 1,81 | 1,76 |
| 2004 | 3,26 | 3,25 | 2,69 |
| 2005 | 2,89 | 2,68 | 3,24 |
| 2006 | 2,52 | 1,67 | 2,67 |
| 2007 | 2,57 | 3,02 | 3,77 |
| 2008 | 3,66 | 2,97 | 3,59 |
| 2009 | 3,22 | 2,89 | 3,13 |
| 2010 | 2,73 | 2,34 | 2,46 |

Źródło: obliczenia własne
Source: own study

Współczynniki korelacji między przewidywaną (zgodnie z modelami 1 i 2) a rzeczywistą średnią wydajnością ukraińskich upraw pszenicy ozimej wyniosły odpowiednio 0,71 i 0,64 (tab. 3). Ponieważ plon pszenicy ozimej jest głównym czynnikiem przesądającym o wielkości zbiorów, to prognoza wydajności pozwala ze znaczną dokładnością przewidzieć wielkość produkcji tego zboża. Jest to szczególnie ważne w kształtowaniu polityki państwa w zakresie produkcji zbożowej. Ustalone regularności są ważne dla przewidywania wydajności i zbiorów Ukrainy.

Należy podkreślić, że w odniesieniu do konkretnego regionu lub obszaru upraw, równania powinny być odpowiednio uszczegółowione przy wykorzystaniu danych doświadczalnych lub statystyk prowadzonych dla regionów. Zmienność przestrzenna głównych czynników meteorologicznych może być bowiem znaczna nawet w skali lokalnej i regionalnej.

Tabela 2. Plonowanie pszenicy ozimej na Ukrainie w latach 2001-2010

Table 2. Yields of winter wheat in Ukraine in 2001-2010

| Obszar/Region | Plon/Yield [t/ha] | | | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
| AR Krym | 2,29 | 2,00 | 1,51 | 2,26 | 2,25 | 2,50 | 2,28 | 2,74 | 2,32 | 2,21 |
| Winnicki | 2,73 | 3,16 | 1,39 | 3,34 | 3,00 | 3,12 | 2,80 | 4,34 | 4,08 | 3,45 |
| Wołyński | 2,33 | 3,00 | 2,60 | 3,46 | 2,89 | 2,33 | 2,61 | 3,13 | 2,81 | 2,72 |
| Dniepropietrowski | 4,32 | 3,67 | 0,63 | 3,63 | 3,54 | 2,91 | 1,97 | 3,82 | 3,00 | 2,98 |
| Doniecki | 3,83 | 3,21 | 1,07 | 3,22 | 3,14 | 2,37 | 2,46 | 3,64 | 2,87 | 3,05 |
| Żytomierski | 2,22 | 2,75 | 1,41 | 2,92 | 2,41 | 2,27 | 2,49 | 3,47 | 3,25 | 2,67 |
| Zakarpaci | 2,87 | 3,05 | 2,94 | 4,06 | 3,29 | 3,03 | 3,05 | 3,07 | 2,96 | 2,20 |
| Zaporoski | 3,50 | 2,81 | 0,96 | 3,14 | 3,03 | 2,88 | 2,19 | 3,54 | 2,85 | 2,67 |
| Iwano-Frankowski | 2,02 | 2,82 | 2,15 | 3,17 | 2,45 | 2,38 | 2,61 | 3,33 | 3,08 | 2,66 |
| Kijowski | 3,06 | 3,35 | 1,64 | 4,15 | 3,76 | 2,83 | 2,98 | 4,14 | 3,87 | 2,54 |
| Kirowogradski | 4,20 | 3,84 | 0,72 | 3,82 | 3,34 | 3,03 | 2,08 | 3,88 | 3,11 | 3,10 |
| Ługański | 3,23 | 2,58 | 1,55 | 2,53 | 3,18 | 1,83 | 2,12 | 3,82 | 2,43 | 2,47 |
| Lwowski | 2,18 | 2,76 | 2,35 | 3,01 | 2,46 | 2,54 | 2,71 | 3,28 | 3,20 | 2,66 |
| Odesski | 3,44 | 3,11 | 0,63 | 3,48 | 2,41 | 2,53 | 1,79 | 3,33 | 2,65 | 2,94 |
| Połtawski | 3,36 | 3,66 | 0,91 | 3,33 | 3,36 | 2,70 | 2,89 | 4,36 | 3,61 | 2,72 |
| Rówieński | 2,31 | 3,23 | 1,97 | 3,24 | 2,58 | 2,23 | 2,74 | 3,29 | 3,08 | 3,10 |
| Sumski | 2,75 | 3,15 | 1,27 | 3,11 | 2,52 | 1,97 | 2,88 | 3,92 | 3,49 | 2,28 |
| Tarnopolski | 1,86 | 2,90 | 1,85 | 3,14 | 2,42 | 2,32 | 2,74 | 3,74 | 3,78 | 2,70 |
| Charkowski | 3,63 | 3,73 | 1,25 | 3,24 | 3,70 | 2,20 | 2,80 | 4,63 | 3,12 | 2,16 |
| Chersoński | 3,01 | 2,41 | 0,61 | 2,98 | 2,45 | 2,56 | 1,85 | 3,28 | 2,45 | 2,50 |
| Chmielnicki | 2,08 | 2,96 | 1,81 | 3,11 | 2,28 | 1,97 | 2,64 | 3,60 | 3,59 | 3,09 |
| Czerkaski | 3,79 | 3,56 | 1,14 | 3,90 | 3,76 | 3,11 | 2,95 | 4,74 | 4,61 | 3,62 |
| Czerniowiecki | 1,92 | 2,90 | 1,22 | 2,76 | 2,50 | 2,57 | 3,00 | 3,32 | 3,52 | 2,85 |
| Czernihowski | 2,28 | 2,48 | 1,46 | 3,22 | 2,65 | 2,26 | 3,15 | 3,44 | 3,46 | 2,27 |
| Średnia | 2,88 | 3,05 | 1,46 | 3,26 | 2,89 | 2,52 | 2,57 | 3,66 | 3,22 | 2,73 |

Źródło: dane Urzędu Statystycznego Ukrainy

Source: data of the Statistical Office of Ukraine

Podsumowanie

Z przeprowadzonych analiz wynika, że istnieją pewne możliwości łagodzenia nieurodzaju występującego w efekcie tych zmienności. Zagrożenia dla produkcji pszenicy mogą być równoważone przez utrzymywanie upraw na obszarach mniej wydajnych, lecz wykazujących się dużą odpornością na ekstremalną pogodę. Takie rozwiązania wydają się szczególnie istotne dla kształtowania polityki w zakresie produkcji zbożowej państwa.

Przeprowadzone badania ujawniają istnienie dużego potencjału w zarządzaniu uprawami przez rozwój adaptacyjnych technologii produkcyjnych i selektywny dobór gatunków zbóż do obszarów o określonych uwarunkowaniach pogodowych.

Spośród wielu czynników meteorologicznych, kluczowymi dla prognozowania plonu pszenicy na Ukrainie okazały się: liczba dni z temperaturą poniżej -17°C , liczba dni o temperaturach powyżej 0°C i 5°C , a także suma opadów w wybranych miesiącach.

Literatura

- Kulig B., Wołosz M., Tokarz M. 2014: *Szacowanie plonów roślin rolniczych*, Materiały dla kwalifikatorów, <http://piorin.gov.pl/cms/upload/szacowanie%20plonow.pdf>, dostęp 24.04.2014 r.
- Lukin S.V., Sushkov V.P. 2005: *Влияние удобрений и погодных условий на урожайность озимой пшеницы*, Зерновое Хозяйство, no. 3.
- Nikolaev E.V., Izotov A.M., Tarasenko B.A. 1999: *Система погодного адаптивования основных элементов технологий выращивания озимой пшеницы*, Вісник Аграрної Науки, no. 12.
- Rymuza K., Marciniuk-Kluska A., Bombik A. 2012: *Plonowanie zbóż ozimych w zależności od warunków termiczno-opadowych na polach produkcyjnych rolniczej stacji doświadczalnej w Zawadach, Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, (IV-VI), t. 12, z. 2(38).
- Smaga I.S., Nazarenko I.I., Cherlinka V.R. 2006: *Оцінка ґрунтово-кліматичних умов Південного Прикарпаття стосовно вирощування озимої пшениці*, Вісник Аграрної Науки, no. 6.
- Shatylov I.S., Chudnovskiy A.F. 1980: *Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая*, Л. Гидрометеоиздат.
- Sarkar J., Thapliyal V.J. 2003: *Forecasting wheat yield over Uttar Pradesh using agrometeorological model*, Maharashtra Agron. Univer., no. 3.
- Sharrat B.S., Knight C.W., Wooding F. 2003: *Climatic impact on small grain production in the subarctic region of the United States, Arctic.*, no. 3
- Tarariko J.O. 2006: *Агрометеорологічні ресурси України та технології їх раціонального використання*, Вісник Аграрної Науки, no. 3-4.

Summary

In the process of analysis of agricultural and weather factors influence on winter wheat yields it was revealed that the critical factors for the yield formation are (totally in Ukraine): the quantity of days with temperatures below 17 degrees of frost Celcius; the quantity and intensity of precipitation; quantity of days with temperatures exceeded 0 and 5 degrees of heat Celsius in winter time period. All above listed weather changes effect historical yields and make them differ very much year to year. Thus, using above listed factors winter wheat yield equalizations and coefficients that may be used for yield forecast were calculated. The consistency of the equalization's results for winter wheat production was discovered for total Ukraine winter wheat production number. But these equalization's coefficients need to be corrected with simple regression equalization every year. Correlation coefficients between the real yield and estimated yield under the calculated equalizations is 0.71 and 0.64, when $p < 0.01$. As yield is the main factor of winter wheat production in Ukraine, so this method could be used for estimation of wheat production and used for official wheat crop prognosis to lead the agricultural policy in Ukraine.

Adres do korespondencji
dr Mykoła Marenych
Poławska Państwowa Akademia Rolnicza, Ukraine
Wydział Agronomiczny
e-mail: marenych@ukr.net

Olena Verevska
LLC Louis Dreyfus Commodities Ukraine LTD
e-mail: Olena.Verevska@ldcom.com

prof. dr hab. Antonina Kalinichenko
Uniwersytet Opolski
Katedra Inżynierii Procesowej
e-mail: akalinenko@uni.opole.pl

dr inż. Mariusz Dacko
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
al. Mickiewicza 28, 31-120 Kraków
Wydział Rolniczo-Ekonomiczny
Zakład Ekonomiki i Organizacji Rolnictwa
e-mail: m.dacko@ur.krakow.pl