

УДК 633.11:581.54:631.55

© 2011

Маренич М. М., кандидат сільськогосподарських наук
Полтавська державна аграрна академія

Вереvська О. В., спеціаліст із дослідження ринків
ТОВ «Луї Дрейфус – Комодітіс – Україна ЛТД»

ОЦІНКА ВПЛИВУ АГРОКЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА УРОЖАЙНІСТЬ І МОЖЛИВОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВАЛОВИХ ЗБОРІВ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор П. В. Писаренко

У ході аналізу впливу агрокліматичних умов на формування врожайності пшениці озимої встановлено, що критичними факторами, які впливають на цей показник в умовах України в цілому, є: кількість днів із температурами нижче -17°C , кількість, вид й інтенсивність опадів, кількість днів під час перезимівлі з температурами вище 0°C та 5°C . Значна різноманітність прояву кліматичних факторів призводить до великого варіювання урожайності.

Розраховані рівняння урожайності пшениці озимої. Знайдена закономірність справедлива для прогнозованого виробництва зерна пшениці в цілому по країні, проте потребує постійного коригування прогнозу за допомогою рівнянь простої регресії для кожного року. Коефіцієнти кореляції між фактичною врожайністю і прогнозованою за наведеними рівняннями становлять, відповідно, 0,71 і 0,64 при $p < 0,01$. Оскільки рівень урожайності є вирішальним чинником в умовах України для отримання валових зборів, то цей підхід можна використовувати як для прогнозування останніх, так і здійснення зернової політики держави.

Ключові слова: пшениця озима, урожайність, валовий збір, агрометеорологічні фактори, прогнозування.

Постановка проблеми. Істотні темпи інтенсифікації виробництва зерна пшениці озимої в Україні допокищо не здатні стабілізувати рівень врожайності цієї культури і, як наслідок, ускладнюють прогнозування валових зборів. Звідси, держава має проблеми стосовно розробки власної стратегії поведінки на внутрішньому ринку хліба і (що чи не найголовніше) на міжнародній арені. В результаті, маючи величезний експортний потенціал, Україна допоки не може проводити стабільну політику в цьому напрямі. Природно, що за нинішнього рівня агротехніки вирощування пшениці значний вплив на формування врожайності мають агрокліматичні фактори, кількість яких для цієї культури може бути якою завгодно великою, що пов'язано з особли-

востями самої культури. Враховуючи це, актуальність пошуку і розробки ефективних методів прогнозування ще більше зростає.

Аналіз основних досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання проблеми. Сучасне рослинництво здатне управляти врожайністю пшениці озимої на достатньо високому рівні, однак екологічні фактори проявляють набагато більший вплив на формування врожайності. За даними Ю. О. Тараріко, використання метеорологічних ресурсів сільськогосподарськими культурами не перевищує 40–60 % [5]. Чим нижчий рівень землеробства, тим більше воно залежить від ґрунтово-кліматичних умов. Так, при екстенсивному рівні ефективність землеробства на 60 % залежить від природних факторів, а при інтенсивному вплив умов навколишнього середовища зменшується майже втричі [2]. Таким чином, для прогнозування майбутніх врожаїв і валових зборів необхідне обов'язкове врахування метеорологічних факторів. Навіть за сучасного розвитку науки, устаткування та обладнання прогнози досить часто є річчю невдячною і ненадійною: кількість природних факторів досить велика, а різноманітність їх взаємодії – ще більша. Додаткових труднощів у прогнозуванні майбутніх урожаїв додає практика середніх значень метеорологічних факторів, які не завжди корелюють із господарськими показниками [3, 6].

Для моделювання урожайності застосовують багатомірні регресійні моделі, що дають змогу точніше описати закономірності, ніж прості [1]. При моделюванні необхідно враховувати зміни клімату, аномальні та екстремальні явища, що відбуваються на всій земній кулі. Це потрібно для створення глобальної інформаційної системи, яка допоможе на основі старанного моніторингу передбачити несприятливі природні явища й небажані економічні ефекти [7–9]. Застосування сучасних методів математичної статистики

дає змогу виділяти й акцентувати увагу на найважливіших значеннях факторів, вплив кожного з них і альтернативи в цьому їм немає.

За даними окремих авторів, точність сучасних математичних розрахунків така, що відмінності між прогнозованою і фактичною врожайністю знаходяться в межах 5–11 % [10].

Протягом вегетаційного періоду найбільший вплив на рослини проявляють температури, кількість опадів, величина гідротермічного коефіцієнта, фотосинтетично активна радіація та інші. Проте передусім із першими двома факторами пов'язують 70 % варіювання врожайності [4, 11], тому саме їх слід враховувати для прогнозування урожайності.

Мета досліджень та методика їх проведення. Метою досліджень було встановити закономірності впливу головних кліматичних факторів на формування врожайності пшениці озимої з подальшою можливістю застосування цих закономірностей у прогнозуванні валових зборів зерна.

Матеріалом для досліджень стали дані замірів температурного режиму та кількості опадів у розрізі областей України, з-поміж яких основну увагу звертали на екстремальні температурні значення, тривалість морозних періодів із температурами нижче -17°C , тривалість відлиг із температурами вище 0°C й вище 5°C .

Як результативні ознаки використовувалися дані моніторингу врожайності пшениці озимої та Державного комітету статистики України про валові збори. Для аналізу використовувалися методи (простого і множинного) регресійного аналізу.

Результати досліджень. Необхідно зазначити, що валові збори зерна пшениці озимої безпосередньо залежать від рівня урожайності, хоча кореляційний зв'язок між цими двома показниками є середнім ($r = 0,56$). На нашу думку, це свідчить про досить високий рівень агротехніки культури, який є головним у отриманні продукції, оскільки кореляція валових зборів із збиральними площами становить лише 0,30, коефіцієнти значущі на рівні $p < 0,01$.

Для порівняння слід відмітити, що наші дослідження з соняшником і ріпаком озимим показали цілковиту залежність валових зборів лише від посівних і збиральних площ, а рівень урожайності не мав достовірного впливу.

За результатами багаторічних даних встановлено, що головними метеорологічними факторами, що впливають на рівень урожайності пше-

ниці озимої, є: кількість днів із температурою нижче -17°C ($r = -0,40$), кількість днів із температурами вище 0°C ($r = 0,22$), опади квітня – травня ($r = 0,18$).

Відповідно до отриманих результатів, рівняння врожайності можна записати наступним чином:

$$Y = 3,095 - 0,052 N < -17;$$

$$Y = 2,53 + 0,012 N > 0;$$

$$Y = 2,64 + 0,0052 \text{ кількість опадів квітня, мм};$$

$$Y = 2,59 + 0,0042 \text{ кількість опадів травня, мм};$$

де:

Y – урожайність, т/га;

$N < -17$ – кількість днів з температурою нижче -17°C ;

$N > 0$ – кількість днів з температурою вище 0°C .

Ці рівняння розкривають загальну закономірність формування врожайності для умов України і свідчать про потенційну можливість прогнозування валових зборів зерна пшениці озимої.

Однак умови років можуть істотно відрізнятися як за проявом окремих факторів, так і за їх сукупною дією. В результаті проведених за тією ж методикою обчислень було отримано широкий ряд рівнянь простої й множинної регресії, прогнозована врожайність яких має тісну кореляцію з реальною (табл. 1).

Різна кількість рівнянь і різні значення коефіцієнтів у них обумовлене різноманітністю прояву метеорологічних факторів у конкретно взятому році. Так, у 2001 році врожайність залежала від опадів січня, травня, серпня; у 2002 – від кількості відлиг (які впливали негативно) та позитивного впливу опадів січня – переважно у вигляді снігу за не надто низької температури ($-6 \dots -0,6^{\circ}\text{C}$).

У 2003 році в Україні отримано найнижчу врожайність за роки досліджень. Причиною цього став комплекс несприятливих умов перезимівлі та відновлення весняної вегетації (табл. 2). У цей рік була зафіксована мінімальна кількість відлиг – у середньому по країні 3–4 дні (за винятком Криму та Закарпаття), де тривалість відлиг у загальному становила 15 і 11 днів відповідно.

Найвища врожайність цього року була отримана в Івано-Франківській (2,15 т/га), Львівській (2,35 т/га), Волинській (2,60 т/га) та на Закарпатті (2,94 т/га). Найбільше постраждали Дніпропетровська (0,63 т/га), Херсонська (0,61 т/га), Кіровоградська (0,72 т/га), Одеська (0,63 т/га), Полтавська (0,91 т/га) та Запорізька (0,96 т/га) області.

**1. Рівняння урожайності пшениці озимої залежно від метеорологічних факторів
2001–2010 рр.**

Роки	Рівняння
2001	$1,74 + 0,013 \times \text{кількість опадів вересня, мм}$ $3,65 + 0,018 \times \text{кількість опадів січня, мм}$ $1,32 + 0,03 \times \text{кількість опадів травня, мм}$
2002	$3,24 - 0,13 \times \text{кількість днів із } t < -17^\circ\text{C}$ $3,77 - 0,03 \times \text{кількість днів із } t > 0^\circ\text{C}$ $3,52 - 0,017 \times \text{кількість опадів січня, мм}$
2003	$1,38 + 0,65 \times \text{кількість днів із } t > 5^\circ\text{C}$ $0,56 + 0,014 \times \text{кількість опадів жовтня, мм}$ $0,75 + 0,046 \times \text{кількість опадів листопада, мм}$ $2,33 - 0,021 \times \text{кількість опадів січня, мм}$ $2,61 - 0,046 \times \text{кількість опадів березня, мм}$ $1,06 + 0,014 \times \text{кількість опадів травня, мм}$
2004	$3,44 - 0,17 \times \text{кількість днів із } t > 5^\circ\text{C}$ $2,65 + 0,08 \times \text{кількість опадів жовтня, мм}$ $3,76 - 0,017 \times \text{кількість опадів листопада, мм}$
2005	$2,38 + 0,01 \times \text{кількість опадів вересня, мм}$
2006	$1,8 + 0,011 \times \text{кількість опадів березня, мм}$
2007	$3,73 - 0,024 \times \text{кількість днів із } t > 0^\circ\text{C}$ $2,095 + 0,0015 \times \text{кількість опадів лютого, мм}$ $2,26 + 0,007 \times \text{кількість опадів травня}$
2008	$4,95 - 0,045 \times \text{кількість днів із } t > 0^\circ\text{C}$
2009	$2,52 + 0,001 \times \text{кількість опадів листопада, мм}$ $2,68 + 0,015 \times \text{кількість опадів грудня, мм}$
2010	$3,1 - 0,0095 \times \text{кількість опадів грудня, мм}$ $2,11 + 0,01 \times \text{кількість опадів січня, мм}$

Таким чином, на думку авторів, спостерігається тенденція до недобору валу зерна в областях, які є найпотужнішими виробниками зерна пшениці в нашій країні. До того ж, саме ці регіони є потенційними виробниками сильного зерна пшениці. Одночасно є можливість, використавши дану тенденцію, звернути увагу на зони західного Лісостепу та Закарпаття, як основу виробництва зерна пшениці в критичні роки.

У 2004 році погодні умови були значно сприятливіші. Урожайність залежала від кількості відлиг із температурами вище 5°C , опадів жовтня та листопада. У 2005 році спостерігалася позитивна дія опадів вересня 2004 року, тобто, найбільшу роль відіграли запаси вологи, накопичені на час осінньої вегетації посівів.

2006 рік практично не відрізнявся рівнем урожайності від попереднього, хоча вирішальну роль, згідно з нашими рівняннями, відігравали опади березня. 2007 року критичними факторами були кількість днів із температурами вище 0°C , опади лютого й травня.

У 2008 році умови вирощування були одними з найсприятливіших. Середня врожайність зерна

по Україні становила 3,66...3,76 т/га. Найвищого рівня було досягнуто в Черкаській (4,74 т/га), Харківській (4,63), Полтавській (4,36), Вінницькій (4,34 т/га) та Київській (4,14) областях. У цей сприятливий у цілому рік практичним фактором була кількість відлиг із температурами вище 0°C , що підтверджено результатами простого і множинного регресійного аналізу.

Середня врожайність 2009 року по країні становила 3,22 т/га. Основна роль у її формуванні належала опадам вересня і грудня попереднього року. У 2010 році позитивну роль відіграли опади листопада й січня.

Зазначені в таблиці 1 рівняння врожайності є досить інформативними: визначена за допомогою їх прогнозована врожайність істотно корелює з фактичною. Однак, на нашу думку, вони можуть ефективніше використовуватися для коригування прогнозів, коли трапляються роки, схожі між собою за ходом параметрів агрометеорологічних факторів. Особливу увагу ж слід звернути на рівняння множинної регресії, в яких відмічено істотний кореляційний зв'язок між прогнозованою та фактичною врожайностями за всіма роками:

СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

$U_p = 2,98 + 0,0061 \times \text{Кількість опадів жовтня} - 0,118 \times \text{Кількість днів із } t < -17^\circ\text{C}$ (1);

$U_p = 1,8 + 0,015 \times \text{Кількість опадів березня} + 0,052 \times \text{Кількість днів із } t > 0^\circ\text{C} - 0,18 \times \text{Кількість днів із } t > 5^\circ\text{C} - 0,043 \times \text{Кількість днів із } t < -17^\circ\text{C}$ (2).

Таким чином, ми визначили основні критичні

фактори навколишнього середовища, за допомогою яких можна прогнозувати урожайність пшениці в країні, а за цим показником – як основним – і валові збори зерна.

Зауважимо, що такі рівняння необхідно розробляти й конкретизувати для кожної зони вирощування та окремо взятої території.

2. Показники урожайності зерна пшениці озимої (за даними Держкомстату)

Області	Урожайність, т/га									
	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.	2008 р.	2009 р.	2010 р.
АР Крим	2,29	2,00	1,51	2,26	2,25	2,50	2,28	2,74	2,32	2,21
Вінницька	2,73	3,16	1,39	3,34	3,00	3,12	2,80	4,34	4,08	3,45
Волинська	2,33	3,00	2,60	3,46	2,89	2,33	2,61	3,13	2,81	2,72
Дніпропетровська	4,32	3,67	0,63	3,63	3,54	2,91	1,97	3,82	3,00	2,98
Донецька	3,83	3,21	1,07	3,22	3,14	2,37	2,46	3,64	2,87	3,05
Житомирська	2,22	2,75	1,41	2,92	2,41	2,27	2,49	3,47	3,25	2,67
Закарпатська	2,87	3,05	2,94	4,06	3,29	3,03	3,05	3,07	2,96	2,20
Запорізька	3,50	2,81	0,96	3,14	3,03	2,88	2,19	3,54	2,85	2,67
Івано-Франківська	2,02	2,82	2,15	3,17	2,45	2,38	2,61	3,33	3,08	2,66
Київська	3,06	3,35	1,64	4,15	3,76	2,83	2,98	4,14	3,87	2,54
Кіровоградська	4,20	3,84	0,72	3,82	3,34	3,03	2,08	3,88	3,11	3,10
Луганська	3,23	2,58	1,55	2,53	3,18	1,83	2,12	3,82	2,43	2,47
Львівська	2,18	2,76	2,35	3,01	2,46	2,54	2,71	3,28	3,20	2,66
Одеська	3,44	3,11	0,63	3,48	2,41	2,53	1,79	3,33	2,65	2,94
Полтавська	3,36	3,66	0,91	3,33	3,36	2,70	2,89	4,36	3,61	2,72
Рівненська	2,31	3,23	1,97	3,24	2,58	2,23	2,74	3,29	3,08	3,10
Сумська	2,75	3,15	1,27	3,11	2,52	1,97	2,88	3,92	3,49	2,28
Тернопільська	1,86	2,90	1,85	3,14	2,42	2,32	2,74	3,74	3,78	2,70
Харківська	3,63	3,73	1,25	3,24	3,70	2,20	2,80	4,63	3,12	2,16
Херсонська	3,01	2,41	0,61	2,98	2,45	2,56	1,85	3,28	2,45	2,50
Хмельницька	2,08	2,96	1,81	3,11	2,28	1,97	2,64	3,60	3,59	3,09
Черкаська	3,79	3,56	1,14	3,90	3,76	3,11	2,95	4,74	4,61	3,62
Чернівецька	1,92	2,90	1,22	2,76	2,50	2,57	3,00	3,32	3,52	2,85
Чернігівська	2,28	2,48	1,46	3,22	2,65	2,26	3,15	3,44	3,46	2,27
СЕРЕДНЄ	2,88	3,05	1,46	3,26	2,89	2,52	2,57	3,66	3,22	2,73

3. Фактична і прогнозована врожайність зерна пшениці озимої в 2001–2010 рр., т/га

Роки	Фактична врожайність	Прогнозована	
		рівняння 1	рівняння 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

Коефіцієнти кореляції між прогнозованою і реальною врожайністю становлять, відповідно, 0,71 і 0,64 (табл. 3).

Оскільки, як уже говорилося раніше, урожайність пшениці озимої є головною складовою формування валових зборів зерна цієї культури, то прогноз урожайності дає змогу з істотною точністю прогнозувати і валовий збір, що особливо важливо за нинішнього розвитку зернового господарства України. Автори наголошують, що встановлені закономірності справедливі для прогнозування урожайності та валових зборів для всієї країни (за умови використання значного обсягу даних).

В умовах же конкретної зони вирощування або окремо взятого регіону ці рівняння потрібно обов'язково деталізувати, використовуючи великий обсяг експериментального чи статистичного матеріалу (!). Причиною цього є надзвичайно велика просторова варіація головних метеорологічних факторів навіть в окремо взятій території.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Игнатьев В. М.* Модели урожайности сельскохозяйственных культур при определенных метеоусловиях / В. М. Игнатьев, И. Н. Ильинская // Моделирование. Теория, методы и средства: Материалы 2-й Международной научно-практической конференции (Новочеркасск, 5 апреля 2002 года). – Новочеркасск, 2002. – С. 21–24.
2. *Лукин С. В.* Влияние удобрений и погодных условий на урожайность озимой пшеницы / С. В. Лукин, В. П. Сушков // Зерновое хозяйство. – 2005. – №3. – С. 2–4.
3. *Николаев Е. В.* Система погодного адаптирования основных элементов технологий выращивания озимой пшеницы / Е. В. Николаев, А. М. Изотов, Б. А. Тарасенко // Вісник аграрної науки. – 1999. – №12. – С. 26–29.
4. *Смага І. С.* Оцінка ґрунтового-кліматичних умов Південного Прикарпаття стосовно вирощування озимої пшениці // І. С. Смага, І. І. Назаренко, В. Р. Черлінка // Вісник аграрної науки. – 2006. – №6. – С. 22–25.
5. *Тараріко Ю. О.* Агrometeorологічні ресурси України та технології їх раціонального використання / Ю. О. Тараріко // Вісник аграрної науки. – 2006. – №3–4. – С. 29–31.

Висновки. Для прогнозування рівня врожайності та величини валових зборів обов'язково необхідно враховувати агrometeorологічні фактори, які є основною причиною великої варіабельності врожаїв. Водночас, це свідчить про істотні резерви для управління урожаєм за допомогою розробки адаптивних технологій вирощування і правильного підбору сортів. Із-поміж метеорологічних факторів ключовими для прогнозування є кількість днів із температурами нижче -17°C ; кількість днів із температурами вище 0°C та 5°C , сума опадів, їх вид та інтенсивність. На нашу думку, слід також враховувати, що в критичні роки, коли в традиційно зернових регіонах внаслідок впливу екстремальних метеорологічних факторів існує ризик значного зменшення врожайності, а в зоні західного Лісостепу та на Закарпатті – ймовірність негативних наслідків набагато менша. Таку тенденцію необхідно враховувати для розробки зернової політики держави.

6. *Шатилов И. С.* Агрофизические, агrometeorологические и агротехнические основы программирования урожая / И. С. Шатилов, А. Ф. Чудновский. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 320 с.
7. *McKeown A. W.* Long-term climate and weather patterns in relation to crop yield: a minireview / A. W. McKeown, J. Warland, M. R. McDonald // Canadian Journal of Botany – Revue. – 2006. – №7. – P. 1031–1036.
8. *Das H. P.* Agrometeorology related to extreme events / H. P. Das, T. I. Adamenko, K. A. Amanam, P. G. Garres, G. Johnson // WMO Technical Note. – 2003. – №201. – P. 1–37.
9. *Means L.* Issues in the impact variability and change on agriculture / Linda Means // Change. – 2003. – №1. – P. 1–6.
10. *Sarkar J.* Forecasting wheat yield over Uttar Pradesh using agrometeorological model / J. Sarkar, V. J. Thapliyal // Maharashtra Agron. Univer. – 2003. – №3. – P. 299–302.
11. *Sharrat B. S.* Climatic impact on small grain production in the subarctic region of the United States / B. S. Sharrat, C. W. Knight, F. Wooding // Arctic. – 2003. – №3. – P. 219–226.