

Б.В.Скорупський

ЗАСАДИ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Наведено результати систематизації та аналізу літературних даних про основні шляхи впливу агрометеорологічних чинників на якість урожаю польових культур. Розвинуто концепцію впливу клімату на диференційоване поглинання рослинами азоту і фосфору із ґрунту та їх подальше метаболічне перетворення в рослинах. Встановлено зв'язок просторового розподілу середніх багаторічних показників клімату та якості врожаю озимої пшениці в областях України.

В умовах ринкової економіки важливим є повне використання різноманітності споживчих властивостей сільськогосподарської продукції польових культур. При адаптації сільськогосподарського виробництва України до ринку слід мати на увазі, що за сучасних економічних засад обсяг урожаю не завжди є позитивним фактором. Надмірне виробництво може викликати зниження цін і зменшення рентабельності сільськогосподарської продукції, особливо в експортному варіанті. Якість же врожаю завжди є важливим показником конкурентоздатності. Вона визначається, зокрема, хімічним складом продукції (табл.1).

Так, показником якості цукрових буряків є вміст цукру в коренеплодах, картоплі – крохмалю (вуглеводів), соняшнику – олії (жиру в насінні) [16]. Найбільш складні хімічні перетворення при формуванні якості врожаю пов'язані з синтезом білків у зерні зернових культур. Вміст білка в ячмені може бути небажаним компонентом (для пивоварних сортів) [5]. У кукурудзі білок переважно містить низькоцінну зеїнову фракцію [23]. Якість продовольчого зерна пшениці є суттєвим показником і не компенсується кількістю врожаю. Якісний хліб виготовляється із зерна сильних сортів пшениці. Державний стандарт на сильну пшеницю передбачає вміст протеїну в зерні не менше 14% [2]. Додатку 20% сильного поліпшувача досить, щоб із суміші вийшов гарний хліб [22]. Тому для України важливою є наявність посівних площ сильних сортів пшениці, як поліпшувача.

Таблиця 1

Середній хімічний склад урожаю господарсько корисних органів
польових культур [1]

Культура, господарсько корисні органи	Вміст речовин у частках біомаси, %					
	Вода	Білки	Жири	Вугле- води, без клітко- вини	Клітко- вина	Зола
Пшениця, зерно	12	14	2,0	65	2,5	1,8
Жито, зерно	14	12	2,0	58	2,3	1,6
Овес, зерно	13	11	4,2	55	10,0	3,5
Ячмінь, зерно	13	9	2,2	65	5,5	3,0
Кукурудза, зерно	15	9	4,7	66	2,0	1,5
Гречка, зерно	13	9	2,8	62	8,8	2,0
Горох, зерно	13	20	1,5	53	5,4	2,5
Соняшник, ядра	8	22	50	7	5	3,5
Картопля, бульба	78	1,3	0,1	17	0,8	1,0
Цукровий буряк, корені	75	1,0	0,2	19	1,4	0,8

Адаптація сільськогосподарського виробництва України до клімату з урахуванням якості врожаю польових культур має визначатись науковими основами використання методів оцінки та прогнозу хімічного складу продукції в залежності від властивостей атмосфери і підстильної поверхні. В таких методах можуть застосовуватись імітаційні моделі “погода – урожай”, що містять блок утворення якості (хімічного складу) врожаю, в основному, синтезу сполук азоту, зокрема білків [25]. Але та обставина, що в диференційних рівняннях імітаційних моделей з емпіричних даних використовуються переважно лише початкові значення процесу, суттєво знижує ефективність завбачення, яка особливо важлива для таких складних до розрахунку величин, як якість урожаю.

Більш надійною видається така розрахункова модель, яка б використовувала поряд з початковими і середні, максимальні та мінімальні характеристики досліджуваного процесу. Такими є моделі множинної регресії параметрів хімічного складу врожаю за показниками стану зовнішнього середовища рослин, у тому числі погоди та клімату [2, 10, 11, 26]. В УкрНДГМІ якість зерна озимої пшениці досліджувала І.Т.Левенко [10, 11], а якість цукрового буряка – Н. І. Михайлова [14]. Але

моделі множинної регресії, зазвичай, відображають зміст використаної інформації без ранжування факторів середовища, які враховуються, за важливістю для досліджуваного процесу. Крім того, вони не визначають адаптивних можливостей рослин до впливу відповідних факторів середовища з досліджуваними параметрами стану рослин. Засновані на суто емпіричних даних залежності можуть бути регресійними [17].

Оптимальним видом моделі для дослідження подібних явищ та якості врожаю рослин в залежності від чинників середовища видається такий, що заснований на принципах екології та агроекології. У таких моделях використовуються екологічні функції відгуку на основні та вторинні, а також лімітуючі чинники середовища, що дозволяють визначити оптимальні і порогові значення їх для рослин [4, 12, 18]. За певними ознаками такі моделі можна віднести до напівемпіричних. У них теоретичний зміст мають математично визначені фундаментальні закономірності. До таких моделей належить фізико-статистична модель урожайності УкрНДГМІ [4]. Проблема полягає в тому, щоб доповнити її блоком оцінки ознак якості врожаю, який був би сумісний з моделлю розрахунку урожайності.

Продуктивність сільськогосподарських рослин залежить від чинників, що пов'язані з біологічними властивостями рослин, родючістю ґрунту, погодою та агротехнікою. Завдання дослідження полягає у виявленні питань, наскільки функції відгуку продуктивності рослин на фактори вказаних груп можуть відтворити відгук якості врожаю рослин на них. Досі здебільшого залишалися без достатньої уваги два важливих питання, які виникають із проблеми сумісності умов формування врожаю і його якості [22, 27, 28]. Їх зміст наступний:

1. Значення кількості врожаю для виживання рослин очевидне. Для природної рослинності високопродуктивні види мають переваги перед низькопродуктивними в процесі природного добору. Але якість (хімічний склад) рослини, сприятлива для людини, не обов'язково сприятлива для самої рослини (без підтримки її розвитку людиною в сільському господарстві). Рослині енергетично вигідніше накопичувати в зерні вуглеводи, обмежуючись лише мінімумом вмісту білків (8-12%). Адже білки при розщепленні в проростаючому зерні дають стільки ж енергії, як і вуглеводи, але на їх синтез витрачається у 3-4 рази більше енергії, ніж на синтез вуглеводів [20]. Тому існує від'ємна кореляція між якістю врожаю зернових (з коефіцієнтами кореляції від - 0,6 до - 0,9 для різних

сортів пшениці) та його кількістю, як взагалі між синтезом білка і синтезом вуглеводів, що складають основну масу врожаю зернових [19].

Отже, при інтенсивному землеробстві з ростом продуктивності зернових культур якість зерна знижується [19]. Але й при відсутності антропогенного впливу рослині енергетично вигідно накопичувати у зерні якомога більше вуглеводів при мінімумі білків [20]. У чому ж саме полягають умови та механізми утворення максимальної якості зерна при задовільній урожайності?

2. Хімічний склад врожаю залежить від мінерального живлення рослин та метеорологічних умов. Синтез білка залежить від наявності в рослині сполук азоту (складової компоненти білків), синтез вуглеводів та жирів – від наявності, зокрема, сполук фосфору, які беруть участь в енергетичних перетвореннях в процесах фотосинтезу та метаболізму (зокрема, у вигляді енергоносія клітини аденозинтрифосфату – АТФ) [16]. Існує суттєвий вплив основних чинників погоди і клімату (сонячна радіація, тепло і волога) а також додаткових (ультрафіолетова радіація, дефіцит вологості повітря, кількість днів з опадами влітку) на показники якості польових культур як у часовому, так і у географічному їх розподілі.

При цьому коливання показників виходу білка під впливом клімату за своїм рівнем є більшим, ніж під впливом інших умов вирощування – у порівнянні з дією агротехніки майже в 5 разів, добрив – у 3 рази [28]. Чому це так, якщо саме добрива визначають хімічний склад продукції рослин ?

Відповідь на ці два питання вимагає розгляду процесу формування якості врожаю зернових культур відповідно у часі і просторі, що наводиться нижче.

Внутрішня структура врожаю виражається формулою М.С.Савицького:

$$Y = pbqa \cdot 10^{-4} , \quad (1)$$

де Y – урожай з площі; p – кількість рослин на цій площі; b – продуктивне кушіння; q – середня кількість зерен в колосі; a – маса 1000 зерен.

Якість врожаю зернових визначається вмістом азоту (пропорційного вмісту білків) у зерні за формулою [20]:

$$N_3 = \frac{K_N \cdot \Pi}{K_{\text{зосп}}}, \quad (2)$$

де N_3 – вміст азоту в зерні, %; K_N – частка азоту в зерні по відношенню до його кількості у всій надземній масі рослини, %; Π – вміст азоту в усій надземній масі, %; $K_{\text{зосп}}$ – частка зерна в загальному врожаї сухої речовини, %.

У формулі (2) величина Π відображає поглинання азоту коренями, а K_N – реутилізацію азоту в зерно з вегетативної маси рослини. Відношення $K_{\text{зосп}}$ у цій формулі – це показник, що залежить і від кліматичних чинників [7] (див. рис. 1), маючи максимальне значення при деяких оптимальних (для даної культури) значеннях суми температур за період активної вегетації та кількості опадів за рік.

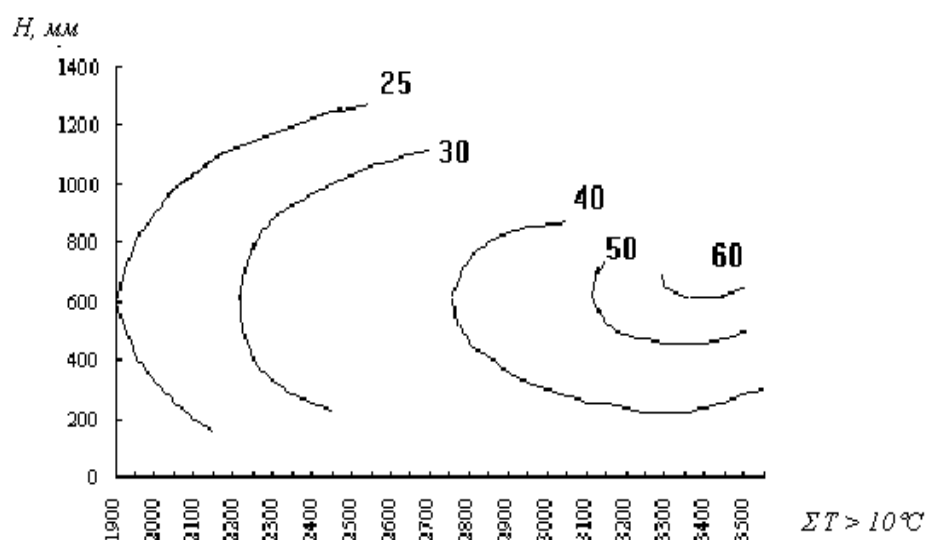


Рис. 1. Зв'язок виходу $K_{\text{зосп}}$, % озимої пшениці з сумою температур ΣT за період активної вегетації і з кількістю опадів H за рік [7]

Шляхи впливу чинників тепла і вологи на якість урожаю визначаються вмістом азоту і фосфору в ґрунті, їх поглинанням коренями, реутилізацією азоту в зерно із біомаси, синтезом білків у зерні з азоту і мають такі ознаки:

1. Вміст азоту і фосфору в ґрунті залежить від кількості гумусу, від його вологості і кислотності. Надмірна вологість ґрунту викликає вимивання більшою мірою азотних, меншою – фосфорних добрив [13].

2. Поглинання азоту і фосфору коренями диференційовано залежить від температури ґрунту, а опосередковано і від його вологості. У

посушливих умовах рослини погано використовують фосфати ґрунту й фосфор добрив. При підвищенні температури ґрунту до 25 градусів зменшується кількість водорозчинної фосфорної кислоти, а це викликає зниження надходження фосфору до рослин і відносно більш високе нагромадження азоту в зерні [22]. Підвищена вологість ґрунту сприяє зниженню його температури і більшому надходженню в рослини фосфору.

Разом із тим, загальна залежність засвоєння рослинами хімічних елементів від температури ґрунту за даними М.С.Кулика [8] відображається одноманітними унімодальними кривими (рис. 2) із максимумом у межах 21-26°C. Таке узагальнення надає підстави до розгортання відповідних математичних моделей впливу температури на поглинання хімічних речовин.

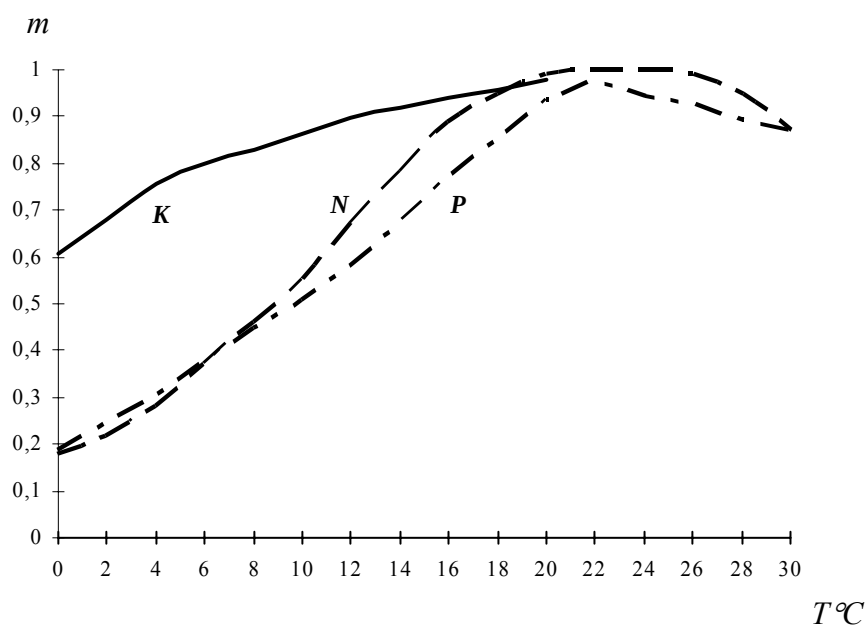


Рис. 2. Вплив температури ґрунту (T) на поглинання рослинами азоту (N), фосфору (P) і калію (K) у відносних одиницях (m) від поглинання при оптимальній температурі [8]

3. Реутилізація азоту в зерно з вегетативної маси залежить від тривалості сонячного саява, температури повітря та вологості ґрунту. Оскільки білки в рослині не транспортуються, вони для перенесення в зерно повинні розпастися на амінокислоти. Підвищення вологості ґрунту і велика обводненість тканин уповільнює процес старіння рослин озимої пшениці, гідроліз білкових речовин у листі і стеблах затримується, процес

реутилізації азоту уповільнюється [22] (табл.2). Азот ґрунту має перевагу перед реутилізованим азотом для синтезу білків у зерні.

Таблиця 2

Вміст білка в зерні пшениці в залежності від недостачі вологості ґрунту протягом періоду вегетації [27]

Вологість, % від повної вологоємності	Вміст азоту в зерні, %	Вміст білка в зерні, %
40	3,0	17,2
50	2,7	15,5
60	2,5	14,3
70	1,8	10,3

4. Синтез білків у зерні з азоту залежить від температури повітря, і рослини здатні в цьому відношенні до температурної адаптації. На рис. 3 оптимум на температурних кривих синтезу білка в рослинах пшениці, вирощених при різних температурах, зміщується в бік більш високих температур.

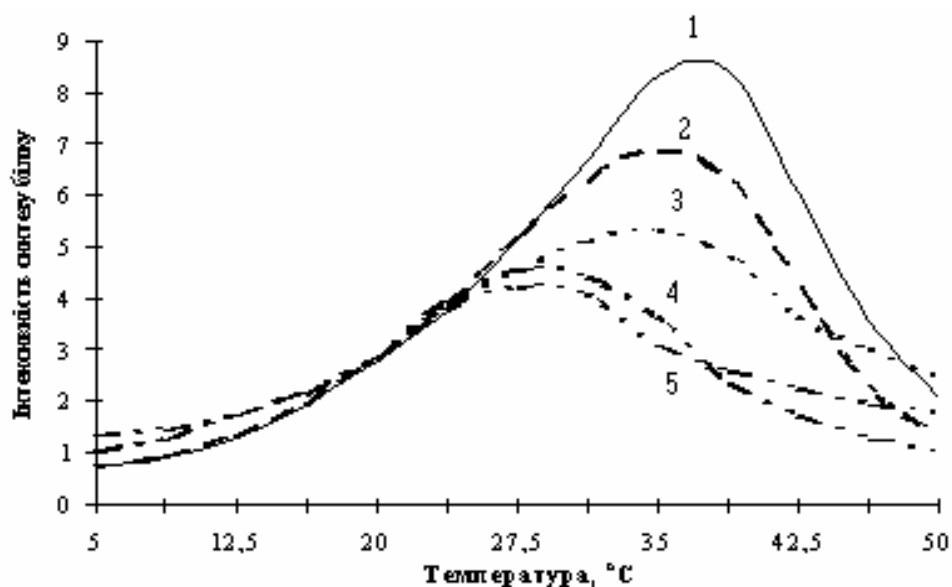


Рис. 3. Залежність інтенсивності синтезу білка ($\text{імп}/(\text{хв}/\text{мг білка}) \cdot 10^{-3}$) у рослин пшениці при різних значеннях температури ($^{\circ}\text{C}$): 1 - 36°C ; 2 - 30°C ; 3 - 20°C ; 4 - 10°C ; 5 - 4°C [9]

Є позитивний зв'язок між тривалістю сонячного саява і білковістю зерна, оскільки короткохвильова радіація (ультрафіолетові, фіолетові та сині промені) сприяє накопиченню та синтезу азотистих речовин [3, 7].

Але вона інтенсивно розсіюється парами води і тому висока вологість повітря не сприяє білковому синтезу.

5. Реутилізація азоту в зерно та синтез білків у зерні відбуваються в період розвитку генеративних органів рослини, поглинання азоту та фосфору з ґрунту відбувається у період розвитку вегетативних та генеративних органів. При цьому фосфор сприяє збільшенню відношення “зерно/надземна біомаса” і тому азот реутилізується з меншої вегетативної маси в більшу кількість зерна, зменшуючи вміст білка в ньому.

Спростимо формулу (1) до вигляду:

$$Y = kqm, \quad (3)$$

де k – середня кількість колосonosних стебел на одиниці площі; m – середня маса однієї зернини.

Загалом дуже рідко зустрічаються умови сприятливі для таких урожаїв, щоб усі три показники його структури (k , q , m) мали одночасно значення, які суттєво перевищували б середні [26]. У літературі також відмічається негативна кореляція між середньою вагою 1000 зерен (m) і вмістом білка в зерні. Між вмістом білка та клейковини в зерні і числом колосonosних стебел зв'язок також негативний. В загущених посівах зменшується кількість листків на паростку і загальна площа верхніх листків (звідки в зерно надходить найбільша кількість азоту), але зростає урожай зерна, що при одному і тому ж запасі азоту в ґрунті веде до зниження якості зерна [24].

Достатньо високий урожай з високим вмістом білка в зерні може сформуватися за умов погоди (від проростання насіння до запліднення), що забезпечують високі значення показників q та m , і за умов сухої теплої погоди (від запліднення до дозрівання), що забезпечують відносну перевагу (у тривалості або інтенсивності) процесу реутилізації азоту в зерно над процесом накопичення крохмалю в зерні.

За розглядом наведених положень показники та функції відгуку з моделі врожайності УкрНДГМІ можуть використовуватись для оцінки сприятливості умов погоди (інтервал часу між моментами проростання та запліднення) як для величини врожайності, так і для якості врожаю. Показники моделі для періоду дозрівання зерна потребують деякої модифікації.

Якість урожаю зерна, в основному, безпосередньо детермінується умовами погоди та складом і кількістю внесених добрив в період

формування зерна, коли фотосинтез починає зменшуватись (пожовтіння листя), а ріст інших органів припиняється і регулюючі здатності рослин (через варіації розподілу асимілятів між органами) вже обмежені. Отже, тоді й може утворитися співвідношення білків і вуглеводів в зерні, яке для самої рослини енергетично недостатньо вигідне.

На основі розглянутого вище можна сформулювати концепцію диференційованого поглинання рослинами добрив, зокрема азоту та фосфору, та їх подальшого перетворення у метаболізмі і розвитку рослин, модифікованого факторами клімату. Вона вміщує наступні положення:

- якість зерна за повної стиглості визначається співвідношенням вмісту в ньому білка та крохмалю;
- під час періоду формування генеративних органів рослин сполуки азоту (синтезовані рослиною з ґрунтових добрив) сприяють переважно збільшенню вмісту в зерні білків, а сполуки фосфору – крохмалю;
- поглинанню та переважаючій дії на біосинтез рослин сполук азоту чи фосфору сприяють різні типи погоди (особливо в період формування генеративних органів) – тепла та суха для азоту, волога з помірною температурою для фосфору.

При цьому різниця впливів на формування якості зерна елементів структури врожаю (густота посіву, кількість зерен у колосі, вага 1000 зерен) визначає подальшу деталізацію дії на якість умов різних етапів органогенезу, що зараз перебуває на стадії розроблення.

Таким чином, у всіх розглянутих вище етапах формування якості зерна протягом онтогенезу пшениці погода з високою температурою і низькою вологістю повітря збільшує вплив азоту і зменшує вплив фосфору на формування хімічного складу зерна, а холодна волога погода – навпаки. Однорідний лімітуючий вплив типу погоди на всі ці процеси, вірогідно, і зумовлює більш сильний вплив варіацій кліматичних чинників (у часі і просторі) на якість урожаю, ніж варіацій кількості добрив. До того ж у функціях відгуку параметрів якості врожаю на азот і фосфор екстремальним значенням фактору середовища іноді відповідає скоріше “порог насичення”, ніж пригнічення екстремально великими значеннями, а це зменшує відгук на варіації кількості добрив біля порогу їх насичення [17] (рис. 4).

У міру просування з північно-західних до південно-східних районів у зерні озимої пшениці підвищується вміст білка та клейковини [5]. Приблизно на одній і тій же довготі при просуванні з півночі на південь (в більш теплий клімат) на 10 градусів широти середній вміст білка в зерні

підвищується на 4,5%. На одній і тій же широті при просуванні з заходу на схід (в більш сухий клімат) на 70 градусів довготи кількість білка в зерні підвищувалася на 6,6% [16]. Встановлено емпіричні залежності між вмістом білка в зерні пшениці та добовою амплітудою температур (як ознакою континентальності клімату) [27].

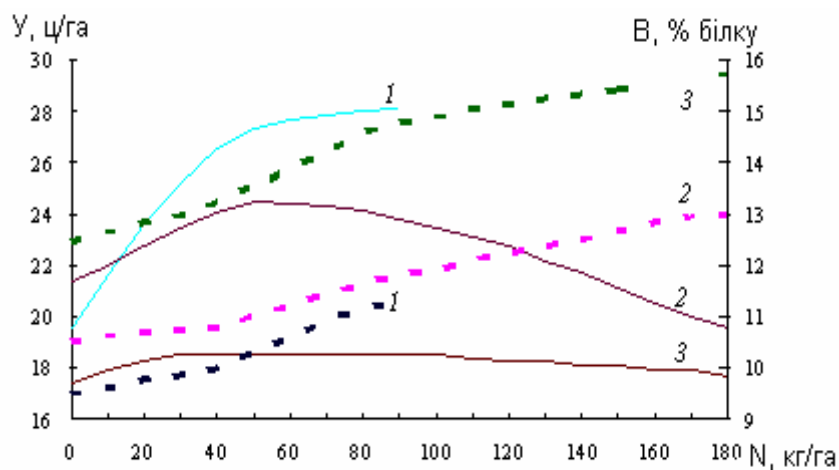


Рис. 4. Вплив дози азотних добрив N на врожайність U і білковість B пшениці за вологих (1), помірно вологих (2) і посушливих (3) умов вирощування. Суцільні криві – врожайність, пунктирні – білковість [17]

Зокрема, для території України (за даними [21]) нами були одержані рангові коефіцієнти кореляції Спірмена між просторовим розподілом середніх обласних багаторічних значень вмісту білка та клітковини в зерні озимої пшениці та просторовим розподілом показників клімату (сумами температур більше 10°C та кількістю опадів за період вегетації) по 24 областях України. Усі коефіцієнти вище порогу значущості (0,41 для $N=24$) позитивні для суми температур (0,88 з вмістом білка та 0,93 – клейковини) і негативні для кількості опадів (-0,87 з вмістом білка та -0,81 – клейковини). Таким чином, усереднені величини вмісту білка чи клейковини в зерні пшениці на даній території можуть бути підставами для оцінки кліматичних ресурсів території, до того ж високої роздільної здатності (з різним знаком коефіцієнтів кореляції з показниками тепла і вологи), що може бути використаний при оптимізації розміщення посівних площ пшениці за критерієм максимізації якості врожаю.

Якість урожаю залежить від двох ознак середовища – від клімату і погоди та від кількості і складу внесених добрив. Для якості врожаю важливі співвідношення значень факторів клімату (тепло і волога), які

впливають на пропорцію кількості азоту і фосфору, що надходять до рослини у той чи інший період її онтогенезу. Варіюючи цими двома видами чинників, можна одержати певні види стратегій адаптивного землеробства з управлінням якістю врожаю. Параметрами клімату можна варіювати при оптимізації розподілу посівних площ зернових культур в кліматичних зонах України. Поточний хід погоди при цьому можна враховувати, віддаючи при виборі агротехнічних заходів перевагу оптимізації або кількості, або якості врожаю (враховуючи також економічну ситуацію). Варіюючи строками та співвідношенням доз внесення азотних і фосфорних добрив, можна управляти кількістю та якістю врожаю в динаміці явищ онтогенезу рослин.

Перспективи дослідження цих питань полягають у подальшій розробці багатоцільових методів сумісної оцінки якості та кількості врожаю, придатних одночасно для їх оцінок і прогнозу для завчасної оптимізації цих характеристик засобами визначення обсягів та розподілу посівних площ польових культур на території України або управлінням строками внесення мінеральних добрив.

Висновки

Урахування якості врожаю (особливо продовольчого зерна пшениці) із визначенням його хімічного складу, може бути суттєве для сільського господарства України в умовах ринкової економіки.

Формування якості врожаю зернових культур є складним процесом, що залежить від живлення рослин та багатьох чинників погоди і клімату, які по-різному впливають на різні стадії розвитку рослин.

Вплив факторів мінерального живлення рослин на якість урожаю, в свою чергу, залежить від співвідношення показників клімату і погоди (температура, вологість ґрунту та повітря, тривалість та якість сонячної радіації) у просторі (зональний розподіл) та у часі (періоди розвитку рослин).

Для показників якості врожаю озимої пшениці існують значущі статистичні зв'язки їх просторових розподілів з просторовими розподілами показників тепла і вологості клімату на території України.

Суттєвим для прогнозу та оцінки якості врожаю є врахування динаміки формування елементів структури врожайності (густота посіву, кількість зерен у колосі, вага 1000 зерен) за фазами розвитку рослин.

Показники та співвідношення (функції відгуку) моделі врожайності УкрНДГМІ можуть бути використані (після деякої модифікації) також для розрахунку прогнозу якості врожаю зернових культур в Україні.

Управління якістю врожаю на основі механізму модифікованого кліматом диференційованого поглинання добрив можна вважати однією із стратегій адаптації землеробства до погоди та клімату, що потребує подальшого розроблення.

* *

Приведены результаты систематизации и анализа литературных данных об основных путях влияния агрометеорологических факторов на качество урожая полевых культур. Развита концепция влияния климата на дифференцированное поглощение растениями азота и фосфора почвы и их дальнейшее метаболическое превращение в растениях. Установлена связь пространственного распределения средних многолетних показателей климата и качества урожая озимой пшеницы в областях Украины.

* *

1. Артюшин А.М. Краткий справочник по удобрениям. – М.: Колос, 1984. – 208 с.
2. Бринкен Д.А., Страшный В.Н. Среднемноголетние характеристики качества зерна озимой пшеницы на ЕТС СССР в зависимости от климатических условий // Труды ИЭМ. – 1974. – Вып. 2 (39). – С.125-134.
3. Воскресенская Н.П. Фотосинтез и спектральный состав света. – М.: Наука, 1965. – 312 с.
4. Дмитренко В.П. Оценка влияния температур воздуха и осадков на формирование урожая основных зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 48 с.
5. Добрива та якість урожаю. – К.: Урожай, 1965. – 264 с.
6. Жемела Г.П., Мусатов А.Г. Агротехнічні основи підвищення якості зерна. – К.: Урожай, 1989. – 160 с.
7. Константинов А.Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 264 с.
8. Кулик М.С. Погода и минеральные удобрения. - Л.: Гидрометеиздат, 1966. –140 с.
9. Лархер В. Экология растений. – М.: Мир, 1978. – 384 с.
10. Левенко И.Т. Влияние факторов тепла и влаги на качество урожая озимой пшеницы // Труды УкрНИГМИ. – 1970. – Вып. 94. – С.79-87.

11. *Левенко И.Т.* Влияние продолжительности отдельных периодов развития и времени воздействия солнечной и пасмурной частей дня на качество урожая озимой пшеницы на Украине // Труды УкрНИГМИ. – 1970. – Вып. 94. – С.88-94.
12. *Малкина И.Г.* Моделирование онтогенеза высших растений (на примере онтогенеза сои): Автореф. дис. канд. ф.-м. наук. – М. – 1987. – 16 с.
13. Минеральные удобрения. – М.: Колос, 1975 – 400 с.
14. *Михайлова Н.И.* Методика прогноза сахаристости сахарной свеклы // Труды УкрНИГМИ. – 1977. – Вып. 159. – С.49-59.
15. *Панников В. Д.* Почвы, удобрения и урожай. – М.: Колос, 1964. – 334 с.
16. *Плешков Б.П.* Биохимия сельскохозяйственных растений. – М.: Колос, 1975. – 496 с.
17. *Полевой А.Н.* Сельскохозяйственная метеорология. – С.-Пб.: Гидрометеиздат, 1992. – 424 с.
18. *Полуэктов Р.А.* Динамические модели агроэкосистемы. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 312 с.
19. Приемы и методы повышения качества зерна колосовых культур. – Л.: Колос, 1967. – 380 с.
20. Пшеница / Под ред. *Л.А.Животкова*. – Киев: Колос, 1989. – 320 с.
21. *Самолєвський Й.Я.* Пшениці УРСР та їх якість. – К. – 1965. – 292 с.
22. *Собко А.А., Николаев Е.В.* Агротехника сильной пшеницы. – Симферополь: Таврия, 1974. – 128 с.
23. Справочник по качеству зерна. – К.: Урожай, 1977. – 160 с.
24. *Страшный В. Н.* Влияние агрометеорологических условий на качество урожая озимой пшеницы // Метеорология и гидрология. – №10, 1975. – С. 92-98.
25. *Строганова М.А.* Математическое моделирование формирования качества урожая. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 150 с.
26. *Федосеев А.П.* Погода и эффективность удобрений. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 144 с.
27. *Шарапов Н.И., Смирнов В.А.* Климат и качество урожая. – Л.: ГМ, 1966. – 128 с.
28. *Шарапов Н.И.* Повышение качества урожая сельскохозяйственных культур. – Л.: Колос, 1973. – 224 с.

*Український науково-дослідний
гідрометеорологічний інститут, Київ*