

УДК 631.95

НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ЯКІСНОЇ Й БЕЗПЕЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

Тогачинська О.В., Семенова О.І., Котинський А.В.
Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, 01601, м. Київ
tytyn29@ukr.net

Науково й методологічно обґрунтовані й класифіковані основні критерії здійснення екологічної оцінки технологій вирощування сільськогосподарських культур за біохімічними, технологічними, фітосанітарними, санітарно-гігієнічними та кліматичними показниками. Установлений внесок кожного з критеріїв щодо впливу їх на технології вирощування сільськогосподарських культур і визначений пріоритетний ряд показників: кліматичні показники – рівень родючості ґрунту – сортовий потенціал культури – фітосанітарний стан посівів – акумуляційні й міграційні процеси шкідливих речовин у ґрунті й транслокаційні процеси токсикантів із ґрунту в рослини – якість і безпечність продукції рослинництва – продуктивність – економічна ефективність. *Ключові слова:* якість, безпечність, екологічна оцінка, продукція рослинництва, технологія вирощування сільськогосподарських культур.

Научно-теоретические основы получения качественной и безопасной продукции растениеводства. Тогачинская О.В., Семенова О.И., Котинский А.В. Научно и методологически обоснованы и классифицированы основные критерии осуществления экологической оценки технологий выращивания сельскохозяйственных культур по биохимическим, технологическим, фитосанитарным, санитарно-гигиеническим и климатическим показателям. Установлен вклад каждого из критериев по влиянию их на технологии выращивания сельскохозяйственных культур, определен приоритетный ряд показателей: климатические показатели – уровень плодородия почвы – сортовой потенциал культуры – фитосанитарное состояние посевов – аккумуляционные и миграционные процессы вредных веществ в почве и транслокационные процессы токсикантов из почвы в растения – качество и безопасность продукции растениеводства – производительность – экономическая эффективность. *Ключевые слова:* качество, безопасность, экологическая оценка, продукция растениеводства, технология выращивания сельскохозяйственных культур.

Scientific and theoretical basis for obtaining high-quality and safe crop production. Tohachynska O.V., Semenova O.I., Kotynskiy A.V. Scientifically methodologically substantiated and classified the main criteria for conducting an environmental assessment of technologies for growing crops by biochemical, technological, phyto-sanitary, sanitary-hygienic and climatic parameters. The weighted contribution of each of the criteria is determined, according to their influence on the technology of growing crops, and a priority series of weights is determined: climatic indexes – soil fertility level – varietal potential of the crop – phytosanitary state of crops – accumulation and migration processes of harmful substances in the soil and translocation processes of toxicants with soil in plants – quality and safety of crop production – productivity – economic efficiency. *Key words:* quality, safety, ecological assessment, crop production, technology of growing crops.

Постановка проблеми. Сільськогосподарські культури є незамінним продуктом харчування й цінною сировиною для харчової промисловості. Сорти культур різняться за морфологічними ознаками, смаковими особливостями, стійкістю до несприятливих факторів навколишнього середовища. Вагому роль у забезпеченні якості сільськогосподарської продукції відіграють національні й міжнародні стандарти, нормативно-правові акти, різноманітні методи контролю за якістю вирощуваної продукції рослинництва, багато з яких гармонізовані з міжнародними нормативними документами.

Обґрунтована оцінка якості сільськогосподарських культур допоможе забезпечити відбір якісної продукції, збереженість її під час товарного

оброблення, транспортування й зберігання, а також слугуватиме основою для об'єктивного ціноутворення. Одночасно вона буде сприяти впровадженню у виробництво нових районованих сортів сільськогосподарських культур із біологічно й господарськи цінними ознаками, орієнтуватиме виробника на виробництво лише такої продукції, яка буде користуватися попитом [4].

Актуальність дослідження. Отже, важливим залишається питання створення системи екологічної оцінки якості продукції рослинництва, яка буде відповідати як українським, так і міжнародним стандартам, забезпечить безпечне харчування людей і підвищить конкурентоспроможність продукції на світовому ринку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основними принципами екологічної експертизи технологій вирощування сільськогосподарських культур є гарантування безпечного для життя та здоров'я людей навколишнього природного середовища, збалансованість екологічних, економічних, медико-біологічних і соціальних інтересів, наукова обґрунтованість, превентивність [1; 2; 5]. Питаннями вивчення екологічної оцінки технологій вирощування сільськогосподарських культур за комплексом показників займалися провідні вчені в галузі екології: Н.А. Макаренко, В.І. Бондарь, І.В. Парашенко, Т.Л. Жегарьова, Р.М. Алексахін, Л.І. Моклячук та інші.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою досліджень було розробити структуру показників для проведення екологічної оцінки агротехнологій вирощування сільськогосподарських культур.

Матеріали й методи досліджень. Для розроблення системи екологічної експертизи технологій вирощування сільськогосподарських культур були використані літературні джерела, фондові матеріали, нормативно-правові документи.

Виклад основного матеріалу. Для проведення екологічної оцінки технологій вирощування сільськогосподарських культур були науково й методологічно обґрунтовані й класифіковані основні критерії екологічної експертизи.

1. *Кліматичні умови*, які є ваговими показниками в основних фазах росту й розвитку сільськогосподарських культур (оптимальна температура повітря й оптимальна кількість опадів в основні фази росту й розвитку сільськогосподарських культур.). Тому

на їхню якість впливають внутрішні сортові особливості, фенологічні фази розвитку рослин, агрокліматичні фактори. Для отримання високоякісної продукції рослинництва, наприклад сої, було розроблено таку структуру показників щодо проведення екологічного оцінювання за кліматичними показниками (табл. 1).

Лімітуючими агрокліматичними факторами ризику недоотримання планової урожайності та якості сільськогосподарських культур є температурний режим (особливо в період початку вегетації) і коефіцієнт зволоження, величина якого має важливе значення для періодів росту, утворення плодів і дозрівання культур. Сприятливий режим зволоження (близький до норми й вищий від неї) має надзвичайно важливе значення в період активної вегетації, а близький до норми чи нижчий від неї – у період збору урожаю сільськогосподарських культур. Обчислені частки впливу метеорологічних факторів свідчать про те, що врожайність сільськогосподарських культур диференційовано реагує на об'єктивні фактори погодного ризику.

2. *Забезпеченість ґрунту оптимальним умістом гумусу, рухомих форм азоту, фосфору, калію, кислотність ґрунту.* Оптимальні параметри ґрунту для вирощування сільськогосподарських культур залежать від комплексної системи удобрення, правильного обробітку ґрунту, підбору попередників і сортового потенціалу. Оптимальні параметри ґрунту встановлюються згідно з характеристикою сорту, технологічними картами вирощування культури, нормативними документами та державними стандартами.

3. *Фітосанітарний стан посівів* устанавлюється з урахуванням порогів шкодочинності у фазах росту й розвитку культури, за рівнем забур'яненості,

Таблиця 1

Вплив кліматичних факторів на ріст і розвиток рослин сої

Внутрішньосортові особливості	Фенологічні фази розвитку сої	Агрокліматичні показники
Маса зернини Чутливість до вологи Чутливість до тепла Морозостійкість	Проростання насіння	Температура повітря Температура ґрунту Вологість ґрунту Можливість заморозків
Чутливість до вологи Чутливість до тепла Морозостійкість Чутливість до тривалості дня Група стиглості	Формування вегетативних органів: поява сходів – другого трійчастого листка; поява третього трійчастого листка – початок цвітіння	Тривалість періоду дня Температура Вологість ґрунту (опад) Можливість заморозків
Чутливість до вологи Чутливість до тепла Сумісність із симбіонтами	Формування репродуктивних органів; цвітіння	Тривалість дня Температура повітря Вологість ґрунту
Чутливість до вологи Чутливість до тепла Група стиглості	Наливання насіння (зелена, сиза стиглість бобів)	Температура Вологість ґрунту Активність симбіонтів залежно від агрокліматичних умов
Група стиглості	Достигання насіння	Температура Вологість ґрунту

захворюваності, раціонального використання агро-технічного, фізико-механічного, біофізичного, імунологічного, біологічного, хімічного методів захисту рослин і чинних нормативів.

4. Нормативні показники якості ґрунту.

Нормативи вмісту забруднюючих речовин у ґрунті розробляють за трьома напрямками:

- нормування вмісту шкідливих хімічних речовин в орному шарі ґрунту;
- нормування накопичення токсичних речовин на території підприємства;
- нормування забруднення ґрунту в житлових районах, у місцях переважного збереження побутових відходів.

Акумулятивні й міграційні процеси шкідливих речовин у ґрунті залежать від рівня та динаміки застосування мінеральних добрив і засобів захисту; від кількісного і якісного складу МД і ЗЗР (зокрема й домішок), поведінки їх у ґрунтовому комплексі, а саме особливостей впливу процесів вилугування й міграції токсикантів у нижні шари ґрунту; від активності мікробіологічних і біохімічних процесів у ґрунті, які визначають біодоступність і біотоксичність їх у трофічному ланцюгу живлення. Тому акумулятивні й міграційні процеси токсикантів у ґрунті формують радіальну міграцію, яка характеризується коефіцієнтом концентрації, що показує ступінь накопичення хімічних речовин у ґрунті відносно контролю:

$$K_c = k_i / K_t$$

де K_c – коефіцієнт концентрації;

k_i – уміст (кількість) шкідливої речовини в n -компоненті;

K_t – уміст (кількість) шкідливої речовини в еталоні (контролі).

Тому оцінку за акумуляційними й міграційними процесами шкідливих речовин у ґрунті необхідно

проводити за величиною нагромадження ($K_c > 1$) і вилугування ($K_c < 1$) у генетичних горизонтах ґрунту (табл. 2).

Оскільки ґрунти доволі часто забруднені кількома елементами, то для них розраховують сумарний показник забрудненості, що відображає комплексний ефект усієї групи компонентів.

$$Z_c = \left(\sum_{i=1}^n K_i \right) - (n-1)$$

де: Z_c – сумарний показник забрудненості ґрунтів;

K – коефіцієнт концентрації хімічного елемента

в пробі ґрунту;

n – кількість урахованих хімічних елементів.

Сумарний показник забрудненості може бути визначений як для всіх елементів однієї проби, так і для ділянки сільськогосподарських угідь.

Санітарний стан ґрунтів оцінюють за спеціальними нормованими показниками. Як основний хімічний показник використовують санітарне число – частку від ділення кількості ґрунтового білкового азоту в міліграмах на 100 г абсолютно сухого ґрунту на кількість органічного азоту в тих самих одиницях. Показником бактеріального забруднення ґрунту є титр кишкової палички й титр одного з анаеробів. Санітарно-гельмінтологічним показником ґрунту є кількість яєць гельмінтів в 1 кг ґрунту. Ентомологічний показник визначають за наявністю личинок і лялечок мух у 0,25 м² поверхні ґрунту (табл. 3).

Крім того, *транслокаційні процеси* шкідливих речовин характеризують особливості переходу їх із ґрунту у вегетативні та генеративні органи рослин. Тому для виявлення впливу різних елементів технологій на транслокаційні процеси було введено *коефіцієнт біологічного поглинання* шкідливих речовин, який дозволить установити взаємозв'язок між вмістом у ґрунті та рослинах сполук важких металів, нітратів, нітритів, залишків пестицидів.

Таблиця 2

Екологічний стан ґрунту за показниками вертикальної міграції шкідливих речовин

Екологічний стан	Клас	Коефіцієнт концентрації K_c	
		нагромадження ($K_c > 1$)	вилугування ($K_c < 1$)
Незадовільний	I	$K_c \geq 1,25$	$0,75 \geq K_c$
Задовільний	II	$1,25 > K_c > 1,1$	$0,9 > K_c > 0,75$
Нормальний	III	$1,1 > K_c > 1,0$	$1,0 > K_c > 0,9$
Оптимальний	IV	$K_c = 1,0$	$K_c = 1,0$

Таблиця 3

Показники санітарного стану ґрунтів сільськогосподарських угідь

Тип екологічної небезпеки	Залишкова кількість пестицидів, мг/га	Уміст у ґрунті
Сприятлива	2	не виявляється
Задовільна	3–4	ГДК
Передкризова	4–5	ГДК
Кризова	5–6	1,1–1,5 ГДК
Катастрофічна	6	1,6–10 ГДК

Нормативи оцінок пестицидного забруднення ґрунтів

Тип екологічної небезпеки	Залишкова кількість пестицидів, мг/га	Уміст у ґрунті
Сприятлива	2	не виявляється
Задовільна	3–4	ГДК
Передкризова	4–5	ГДК
Кризова	5–6	1,1–1,5 ГДК
Катастрофічна	6	1,6–10 ГДК

Коефіцієнт біологічного поглинання визначається таким чином:

$$K_{б.п.} = C_i/c_i,$$

де $K_{б.п.}$ – коефіцієнт біологічного поглинання;

C_i – концентрація (тобто кількість і-тої забруднюючої речовини в генеративних і вегетативних органах рослин);

c_i – концентрація забруднюючої речовини (тобто кількість і-тої забруднюючої речовини в акумулятивних і міграційних горизонтах ґрунту).

Коефіцієнти біологічного поглинання дають можливість оцінити вплив технології не лише на процеси накопичення важких металів рослинами, а й охопити всю систему «ґрунт – добрива – пестициди – рослина». За рівнем відхилення від контрольованого варіанта можна провести екологічне оцінювання технології.

Цілоком придатну оцінку екологічного стану земель можна отримати за допомогою даних, що характеризують рівень пестицидного навантаження, але потрібно отримати інформацію про залишкову кількість пестицидів у ґрунтах і рослинах.

Рівень забрудненості ґрунтів і рослинної маси залишками пестицидів визначають шляхом порівняння фактичного вмісту пестицидів у ґрунті чи в сільськогосподарській продукції з ГДК. Перевищення фактичного вмісту залишкової кількості пестицидів відносно ГДК є показником небезпечності екологічного стану ґрунтів за пестицидним навантаженням (табл. 4).

5. *Якість і безпека* сільськогосподарської продукції враховує біохімічні, санітарно-гігієнічні, біометричні показники, наявність карантинних рослин, шкідливих домішок, фізичні показники.

Біохімічні показники сільськогосподарських культур характеризуються вмістом білку і його фракційним складом, вмістом і властивостями клейковини, амінокислотним складом, вмістом сахарози, клітковини, каротину, вітаміну С, цукру, наявністю сухої речовини соку й загальною кислотністю. *Санітарно-гігієнічні* показники характеризуються вмістом токсичних елементів, радіоактивних елементів, нітратів, нітритів, мікотоксинів, пестицидів. До *фізичних показників* належать такі: зовнішній вигляд продукції, смакові якості, колір і запах, шкідливі домішки. *Біометричні показники* характеризують розмір і форму.

6. *Продуктивність рослинницької продукції* залежить від характеристики сорту, фактичних даних сорту, що отримані під час випробовування технологій. Для обґрунтування оптимальної продуктивності культур у різних ґрунтово-кліматичних зонах України доцільно включати сорти, які зареєстровані в Державному реєстрі сортів.

7. *Економічна ефективність* включає показники собівартості й рентабельності.

За рекомендаціями міжнародних організацій агроекологічну оцінку доцільно проводити за 4 класами. Діапазон показників у межах цих класів визначається згідно з нормативами з урахуванням методичних підходів до екологічного нормування.

Екологічне нормування визначається зміною стану компонентів агроєкосистеми під впливом агротехнологій. Визначається зона оптимуму – зниження < 10%, зона комфорту – зниження на 10–25%, песимуму – зниження > 25%.

Виходячи із цього, технологію доцільно оцінювати за кожним показником:

I клас – незадовільний стан (відхилення від оптимуму в бік погіршення перевищує 25%);

II клас – задовільний стан (відхилення від оптимуму в бік погіршення більше 10%, але не перевищує 25%);

III клас – нормальний стан (відхилення від оптимуму в бік погіршення не перевищує 10%);

IV клас – оптимальний стан (відхилення від оптимуму в бік погіршення не спостерігається).

Відповідно до розроблення критеріїв екологічної оцінки було встановлено пріоритетний ряд щодо впливу технологій на кліматичний, екотоксикологічний, агрохімічний, гідрохімічний, фітосанітарний стан агроєкосистеми, якість, безпечність, продуктивність і економічну ефективність продукції рослинництва. Визначено ваговий внесок кожного з критеріїв щодо впливу їх на технології вирощування сільськогосподарських культур: *кліматичні показники > рівень родючості ґрунту > сортовий потенціал культури > фітосанітарний стан посівів > акумуляційні й міграційні процеси шкідливих речовин у ґрунті й транслокаційні процеси токсикантів із ґрунту в рослини > якість і безпечність продукції рослинництва > продуктивність > економічна ефективність*.

Головні висновки. Науково й методологічно обґрунтовано й класифіковано структуру показників

щодо проведення екологічної експертизи за впливом на кліматичний, екотоксикологічний, агрохімічний, фітосанітарний, гідрохімічний стан агроєкосистеми, на якість і безпечність продукції та продуктивність культури. Визначено ваговий внесок кожного з критеріїв щодо впливу їх на технології вирощування сільськогосподарських культур.

Проведено аналіз небезпечних факторів, які пов'язані з вирощуванням продукції рослинництва,

визначено технологічні процеси, які можуть погіршувати технологічні та гігієнічні показники якості сільськогосподарських культур.

Доведено, що за умови такого науково-методичного підходу до екологічного оцінювання гарантується всебічна оцінка технологій і впровадження у виробництво лише таких, що забезпечать отримання високоякісної продукції рослинництва, яка відповідатиме міжнародним вимогам і стандартам.

Література

1. Жигарева Т., Алексахин Р., Свириденко Д. Влияние природных мелиорантов и тяжелых металлов на урожайность зерновых культур и микрофлору дерново-подзолистой почвы. *Агрохимия*. 2005. № 11. С. 60–65.
2. Макаренко Н., Бондар В., Макаренко В. Екологічна експертиза технологій вирощування сільськогосподарських культур. *Агроєкологічний журнал*. 2008. № 3. С. 14–18.
3. Макаренко Н. Екологічна експертиза технологій вирощування сільськогосподарських культур: методичні рекомендації / за ред. Н. Макаренко. Київ: ТОВ «ДІА», 2008, 84 с.
4. Моклячук Л. Екологічна оцінка технологій вирощування овочевих культур: методичні рекомендації / За ред. д. с.-г. н. Л. Моклячук. Київ, 2013, 27 с.
5. Тогачинська О., Паращенко І. Екологічна експертиза технологій вирощування пшениці озимої в умовах північного Лісостепу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 2. С. 40–44.