

УДК 633/635:581.1

І. О. Огінова

Дніпропетровський національний університет ім. Олесь Гончара

МОЖЛИВОСТІ ІНДИКАЦІЇ СТАНУ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН В АГРОФІТОЦЕНОЗАХ ЗА РІЗНИМИ МОРФОЛОГО- ФІЗІОЛОГІЧНИМИ ТА ЦИТОГЕНЕТИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Наведено систему математичних моделей, які дозволяють за алелопатичною активністю 7 видів бур'янів та кількома морфолого-фізіологічними та цитогенетичними показниками культурних рослин гнучко визначати їх стан у агрофітоценозах. Для біоіндикації стану культурних рослин в агрофітоценозах можна використовувати чимало морфолого-фізіологічних і цитогенетичних ознак (висота, листові поверхні, вміст хлорофілів чи каротиноїдів, мітотичний індекс, вміст ДНК в інтерфазних ядрах клітин кореневих меристем, рівень соматичних мутацій, розмір волотей, стерильність пилку, об'єм фертильних пилкових зерен тощо). Вони суттєво залежать від алелопатичної активності бур'янів та різних способів догляду за посівами, створюючи єдину систему, кожний компонент якої може узгоджувати свої зміни з іншими, що сприяє підтриманню рівноваги у біоценозі.

I. O. Oginova

Oles' Gonchar Dnipropetrovsk National University

ABILITIES OF CULTURAL PLANTS' STATE INDICATION IN AGROPHYTOCENOSES BY DIFFERENT MORPHOLOGY- PHYSIOLOGICAL AND CYTOGENETIC INDICES

Mathematical models system allowing assessing the state of 7 weeds species by the allelopathic activity and some morphology-physiological and cytogenetic indices is presented. There are many morphology-physiological and cytogenetic features may be used for the bioindication of cultural plants' state. They are height, leaf area, chlorophyll or carotenoids content, mitotic index, DNA content in the interphase nuclei of root meristem cells, somatic mutations level, truss size, pollen sterility and fertile pollen grains volume. These features essentially depend on the allelopathic activity of the weeds and different techniques of the crops management. They set up the uniform system in which every constituent may harmonize its changes with the other ones, that furthers the maintenance equilibrium in a biogeocoenosis.

Вступ

Агрофітоценоз – складна багатоваріантна система, компоненти якої пов'язані між собою мережею лабільних прямих і зворотних зв'язків. Вони визначають, яка із можливих пристосувальних стратегій збереження гомеостазу буде вибрана культурними рослинами за тих чи інших екстремальних умов, до яких відносяться не тільки кліматичні фактори, а й антропогенні впливи у вигляді невідповідно добраної агротехніки, промислових забруднень тощо [1; 2]. Незважаючи на кількість проведених досліджень [3; 4; 7], системні зв'язки між різними компонентами ценозів залишаються недостатньо вивченими. Унаслідок цього суттєво зменшується можливість зрозуміти, чому практично будь-який показник стану культурних рослин виявляється індикатор-

ним. Пошуку відповіді на це питання й були присвячені багаторічні дослідження, проведені в умовах степового Придніпров'я.

Матеріал і методи досліджень

Експеримент проводили у Дніпропетровському районі центральної ґрунтово-кліматичної зони Дніпропетровської області. Для цього регіону характерна середня багаторічна норма опадів 515 мм, у тому числі за вегетаційний період кукурудзи – 224 мм із дефіцитом вологості близько 8 мм. Температурний режим складається таким чином: середньорічна температура підтримується на рівні +8 °С, перевищення температурного мінімуму для кукурудзи (+10 °С) триває протягом 165–170 діб; характерною є посуха навесні та на початку літа. Ґрунтовий покрив у районі досліджень представлений чорноземом звичайним середньосуглинистим малогумусним.

Протягом 5 років досліджували різні фізіологічні та цитогенетичні ефекти таких гербіцидів як ерадикан (6–7–8 л/га), 2,4-Д (1,5–2,0–2,5 л/га), атразин (4–6–8 кг/га), діален (1,5–2,0–2,5 л/га), примекстра (5–6–8 л/га), пропахлор (6–8–10 кг/га), сурпас (6–7–8 л/га), ласо (5–6–7 л/га), майазин (5–6–7 л/га), аденіт (5–6–7 л/га) та різні варіанти їх сполучень. На цьому фоні визначали чисельність і алелопатичну активність основних бур'янів, представлених у посівах (мишій, плоскуха звичайна, щиреця загнута, лобода біла, березка польова, осоти рожевий і жовтий) [1]. У рослин кукурудзи (гібрид Дніпропетровський 303) протягом вегетаційного періоду вимірювали такі показники: висота; листово-поверхня; вміст хлорофілів a , b , $a+b$ і каротиноїдів; вміст ДНК в інтерфазних клітинах (цитофотометричний метод); мітотичний індекс і рівень соматичних мутацій у кореневих меристемах; розмір волотей; стерильність пилку; об'єм фертильних пилкових зерен тощо.

Одержані результати обробляли статистично з рівнем надійності 95 %. Для встановлення зв'язків між дослідженими характеристиками використовували кореляційний і регресійний аналізи. Для кожної пари ознак побудовано по 15 моделей різного типу, з яких обрано найадекватнішу (за показниками максимального значення коефіцієнта апроксимації та мінімальної стандартної помилки).

Результати та їх обговорення

При дослідженні вегетативного розвитку встановлено, що на другий рік ротації між листовою поверхнею кукурудзи (стадія розвитку 6–7 листків) та алелопатичною активністю бур'янів переважає лінійна залежність, сила якої коливається від слабкої до середньої. Це свідчить про те, що серед усіх досліджуваних зовнішніх факторів саме бур'яни здійснюють найсуттєвіший вплив на ростові процеси кукурудзи [5; 6]. Гербіциди на цей час мають другорядне значення. Натомість, на п'ятий рік ротації ситуація виглядає інакше: залежність листової поверхні кукурудзи від алелопатичної активності бур'янів стає складнішою, що дозволяє припустити видозміни відповідних зв'язків унаслідок тривалого використання гербіцидів, які спричиняють відповідні модифікації взаємних впливів різних компонентів АФЦ (табл. 1).

Аналогічний вигляд мають моделі, одержані для відповідних залежностей на фоні безполіцевої обробки ґрунту. Це дає можливість припустити, що тип оранки не відіграє суттєвої ролі у взаємодії між культурними рослинами та основними засмічувачами посівів. Принципова подібність математичних моделей у багатьох випадках свідчить про наявність загальнобіологічного механізму реагування різних компонентів АФЦ на використання тих чи інших агротехнічних заходів. Оскільки алелопатичну

активність бур'янів досить легко визначити, цей показник можна рекомендувати до використання як індикаторний критерій стану рослин у АФЦ.

Таблиця 1

**Моделі залежності листкової поверхні кукурудзи (Y)
від аделопатичної активності коріння бур'янів (X) на тлі полицевої оранки**

Вид бур'янів	Математична модель	Коефіцієнт кореляції
Другий рік використання гербіцидів		
Плоскуха звичайна	$Y = 108,51 + 0,33x$	0,53
Мишій сизий	$Y = 114,07 + 0,22x$	0,27
Лобода біла	$Y = 4,63x^{0,06}$	0,39
Щириця загнута	$Y = 1489,6 + 1,78x$	0,45
Березка польова	$Y = 1513,81 + 1,68x$	0,30
Осот жовтий	$Y = 1218,71 + 1,78x$	0,45
Осот рожевий	$Y = 1227,55 + 2,14x$	0,42
П'ятий рік використання гербіцидів		
Плоскуха звичайна	$Y = 1 / (0,02 - 0,01x)$	0,69
Мишій сизий	$Y = 4,29x^{0,74}$	0,47
Лобода біла	$Y = 1,85x^{0,77}$	0,65
Щириця загнута	$Y = 5,98x^{0,37}$	0,62
Березка польова	$Y = 5,59x^{0,48}$	0,64
Осот жовтий	$Y = 6,52x^{0,27}$	0,53
Осот рожевий	$Y = 6,7x^{0,2}$	0,60

Дослідження системи зв'язків між іншими показниками вегетативного розвитку кукурудзи на фоні різних агротехнічних заходів дозволило одержати математичні моделі, наведені у таблиці 2. Одержані моделі свідчать про те, що на другий рік використання гербіцидів типи зв'язків між досліджуваними параметрами мають подібний вигляд незалежно від типу оранки. Деяка різниця відмічається тільки у розмірах коефіцієнтів кореляції, зокрема, безполицевий обробіток ґрунту сприяє тому, що соматичні мутації у кореневих меристемах більш суттєво впливають на розвиток листкової поверхні, ніж на фоні полицевої оранки. Натомість на тлі безполицевої обробки ґрунту вміст ДНК в інтерфазних клітинах меристем має значно менше значення для формування відповідної площі листків у кукурудзи.

Таблиця 2

Залежність листкової поверхні кукурудзи (Y) від інших морфологічних та цитогенетичних параметрів (фаза розвитку 6–7 листків)

Незалежна змінна (X)	Полицева оранка		Безполицева оранка	
	математична модель	коефіцієнт кореляції	математична модель	коефіцієнт кореляції
Другий рік використання гербіцидів				
Висота	$Y = -140,98 + 8,56x$	0,99	$Y = -141,46 + 8,57x$	0,99
Мітотичний індекс	$Y = 1,69x^{0,48}$	0,65	$Y = 1,76x^{0,37}$	0,63
Соматичні мутації	$Y = 3,93x^{-0,02}$	-0,12	$Y = 5,92x^{-0,19}$	-0,55
Вміст ДНК в інтерфазі	$Y = \exp(3,90 - 0,02x)$	0,70	$Y = \exp(4,90 + 0,02x)$	0,46
П'ятий рік використання гербіцидів				
Висота	$Y = 0,46x^{1,3}$	0,62	$Y = 0,16 + 5,21x$	0,74
Мітотичний індекс	$Y = -60,73 + 3,17x$	0,69	$Y = -13,38 + 2,37x$	0,81
Соматичні мутації	$Y = 283,30 - 8,01x$	-0,65	$Y = 298,86 - 7,40x$	-0,68
Вміст ДНК в інтерфазі	$Y = -1,68x^{1,34}$	0,77	$Y = -45,89 + 8,94x$	0,69

Ситуація видозмінюється на п'ятий рік використання гербіцидів. Це проявляється у тому, що подібність моделей зберігається тільки для таких пар ознак як листкова

поверхня – мітотичний індекс та листкова поверхня – соматичні мутації. В інших випадках тип оранки має більше значення, але сила відповідних зв'язків не зазнає суттєвих модифікацій. При цьому на дослідженні показники певною мірою впливає і токсичність бур'янів (табл. 3).

Таблиця 3

Залежність мітотичного індексу (Y) від рівня токсичності бур'янів (X)

Вид бур'янів	Математична модель	Коефіцієнт кореляції
Плоскуха звичайна	$Y = \exp(2,94+0,02x)$	0,697
Мишій сизий	$Y = 0,59x^{0,86}$	0,797
Лобода біла	$Y = \exp(2,99+0,02x)$	0,848
Щириця загнута	$Y = \exp(2,82+0,02x)$	0,842
Березка польова	$Y = 1 / (0,05-0,01x)$	0,776
Осот жовтий	$Y = 17,72+1,12x$	0,771
Осот рожевий	$Y = 1,45x^{1,74}$	0,813

Наведені моделі відображають той факт, що виконання кореневими меристемами кукурудзи своєї безпосередньої функції значною мірою зумовлюється складними взаємовідносинами з іншими компонентами АФЦ, а саме, з алелопатичною активністю бур'янів. Характер відповідних зв'язків зумовлюється видовою специфікою цих рослин і їх поширеністю у ценозі.

Крім наведених індикаторних характеристик, діагностувати стан кукурудзи протягом вегетаційного розвитку можна і за допомогою визначення вмісту пігментів фотосинтезу. Ці показники також залежать від зовнішніх умов, зокрема від антропогенних впливів (табл. 4).

Таблиця 4

Залежність листкової поверхні кукурудзи на стадії 6–7 листків (Y) від вмісту основних пігментів фотосинтезу (X)

Пігменти	Полицева оранка		Безполицева оранка	
	математична модель	коефіцієнт кореляції	математична модель	коефіцієнт кореляції
Другий рік використання гербіцидів				
Хлорофіл a	$Y=22,43+10,66x$	0,35	$Y=16,73+15,95x$	0,43
Хлорофіл b	$Y=1/(0,04-0,02x)$	0,48	$Y=1/(0,04-0,01x)$	0,34
Хлорофіл a+b	$Y=18,49+0,70x$	0,44	$Y=1/(0,04-0,02x)$	0,45
Каротиноїди	$Y=30,38+7,15x$	0,21	$Y=1/(0,03-0,10x)$	0,28
П'ятий рік використання гербіцидів				
Хлорофіл a	$Y=1/(0,02-0,01x)$	-0,08	$Y=1/(0,12-0,02x)$	0,10
Хлорофіл b	$Y=1/(0,02+0,01x)$	0,09	$Y=1/(0,05+0,10x)$	-0,34
Хлорофіл a+b	$Y=42,65+9,15x$	-0,08	$Y=20,34-5,22x$	-0,19
Каротиноїди	$Y=1/(0,02-0,01x)$	-0,22	$Y=37,75-41,04x$	-0,31

Із аналізу наведених моделей можна з'ясувати, що зв'язок розмірів листкової поверхні кукурудзи з умістом пігментів фотосинтезу змінюється залежно від тривалості гербіцидного стресу. На другий рік використання хімічних засобів боротьби з бур'янами для хлорофілу a і b найадекватніші моделі на фоні різних типів оранки мають подібний характер, а коефіцієнт кореляції між дослідженими показниками відображає середню силу зв'язку. Натомість зв'язок вмісту сумарного хлорофілу та каротиноїдів із площею листків підлягає деякій модифікації на фоні різних способів обробки ґрунту. При цьому каротиноїди виявляються найменш значимими для формування розмірів листкової поверхні кукурудзи. Така ситуація певною мірою відображає біологічну роль тих або інших пігментів у нормальному протіканні фотосинтезу.

На п'ятий рік використання гербіцидів спостерігається руйнування відповідних зв'язків між умістом пігментів фотосинтезу та листковою поверхнею. Це знаходить своє відображення в суттєвому зменшенні коефіцієнтів кореляції, які стають настільки слабкими, що практично дорівнюють нулю. При цьому виявляється тенденція до зміни напрямку цих зв'язків на протилежний. Такі перетворення системних взаємодій між важливими ростовими та фізіологічними показниками кукурудзи свідчать про неблагополучний стан культурних рослин, спричинений тривалим антропогенним стресом. Відповідна чутливість хлорофілів та каротиноїдів до зовнішніх впливів дозволяє рекомендувати визначення їх вмісту як індикаторний показник, включення якого у систему взаємних зв'язків між різними ознаками рослинного організму та різними компонентами АФЦ дозволить скласти загальне уявлення про його стабільність і, за необхідності, внести ті або інші корективи.

Такий підхід до вирощування сільськогосподарських культур досить важливий, оскільки неврівноваженість будь-якої системи може спричинити її перехід до нового стану із несподіваними наслідками. Це зумовлює потребу коректнішого використання відповідних агротехнічних заходів з урахуванням термінів попереднього використання гербіцидів. Ідентифікувати межу, коли треба вкрай обережно ставитися до будь-яких суттєвих нововведень у посівах культурних рослин, можна за допомогою визначення деяких морфологічних (висота, листкова поверхня) або цитогенетичних показників (мітотичний індекс, рівень соматичних мутацій, вміст ДНК в інтерфазних ядрах кореневих меристем) із використанням відповідних математичних моделей.

Суттєві зміни системи зв'язків у межах рослинного організму протягом їх вегетативного розвитку знаходять своє відображення й у формуванні репродуктивної сфери кукурудзи. Зокрема, довжина волотей, стерильність пилку та розмір фертильних пилкових зерен зазнають суттєвого впливу з боку алелопатичної активності бур'янів (табл. 5).

На фоні безполицевої оранки математичні моделі мають подібний вигляд. Їх аналіз дозволяє виявити досить цікаву залежність: токсини бур'янів, незалежно від способу оранки та видової належності, спричинюють аналогічні реакції з боку культурних рослин (стадія 11–12 листків у кукурудзи). А саме, алелопатична активність основних засмічувачів посівів у всіх варіантах пов'язана з довжиною волотей лінійно, відповідна залежність для стерильності пилку описується переважно реципрокною моделлю, а для об'єму фертильних пилкових зерен характерною є експоненціальна модель. Це свідчить про те, що перехід до репродукції сприяє зниженню специфічної чутливості до таких зовнішніх факторів як накопичення у ґрунті продуктів метаболізму бур'янів і фізіологічні процеси починають безпосередньо спрямовуватися на реалізацію функції розмноження. Відмінність моделей для різних досліджених ознак, очевидно, відображає специфіку їх формування протягом онтогенезу та загальний напрямок відповідних адаптивних реакцій. Вони входять до складу єдиної пристосувальної системи рослин, оскільки пов'язані з основними характеристиками вегетативного розвитку (табл. 6).

Аналіз наведених моделей дозволяє говорити про те, що короточасне використання гербіцидів сприяє формуванню специфічної для певного типу оранки системи зв'язків між різними ознаками, які характеризують репродуктивну сферу кукурудзи. Це свідчить про її чутливість до способу обробки ґрунту і можливість використання відповідних параметрів як індикаторних за умови, що гербіцидний стрес не сягає критичного рівня. Аналогічна тенденція відмічається й на п'ятий рік застосування хімічних засобів боротьби з бур'янами, але моделі набувають дещо іншого вигляду (табл. 7).

**Зміни деяких ознак генеративної сфери кукурудзи (Y)
залежно від аделопатичної активності бур'янів (X) на тлі полицевої оранки**

Вид бур'янів	Основні характеристики репродуктивної сфери	Математична модель	Коефіцієнт кореляції
Другий рік використання гербіцидів			
Плоскуха звичайна	довжина волотей	$Y = 4,43 + 0,15x$	0,55
	стерильність пилку	$Y = 1 / (-0,10 + 0,01x)$	0,53
	об'єм фертильного пилку	$Y = 7,93 + 0,15x$	0,40
Мишій сизий	довжина волотей	$Y = 0,21 + 0,20x$	0,68
	стерильність пилку	$Y = 1 / (-0,18 + 0,01x)$	0,58
	об'єм фертильного пилку	$Y = \exp(2,05 + 0,01x)$	0,47
Лобода біла	довжина волотей	$Y = 8,62 + 0,09x$	0,56
	стерильність пилку	$Y = 1 / (0,02 + 0,01x)$	0,48
	об'єм фертильного пилку	$Y = \exp(2,49 + 0,01x)$	0,46
Щириця загнута	довжина волотей	$Y = 8,23 + 0,10x$	0,58
	стерильність пилку	$Y = 1 / (0,01 + 0,03x)$	0,53
	об'єм фертильного пилку	$Y = 11,11 + 0,12x$	0,48
Березка польова	довжина волотей	$Y = 8,76 + 0,13x$	0,59
	стерильність пилку	$Y = 1 / (0,02 + 0,01x)$	0,56
	об'єм фертильного пилку	$Y = 11,95 + 0,14x$	0,46
Осот жовтий	довжина волотей	$Y = 9,52 + 0,12x$	0,55
	стерильність пилку	$Y = \exp(2,89 - 0,02x)$	0,46
	об'єм фертильного пилку	$Y = \exp(2,53 + 0,01x)$	0,47
Осот рожевий	довжина волотей	$Y = 9,83 + 0,17x$	0,51
	стерильність пилку	$Y = 1 / (0,05 + 0,01x)$	-0,46
	об'єм фертильного пилку	$Y = 1 / (0,08 - 0,01x)$	0,50
П'ятий рік використання гербіцидів			
Плоскуха звичайна	довжина волотей	$Y = 7,51 + 0,08x$	0,34
	стерильність пилку	$Y = \exp(3,37 - 0,02x)$	0,68
	об'єм фертильного пилку	$Y = 1 / (0,09 - 0,01x)$	0,36
Мишій сизий	довжина волотей	$Y = 3,75 + 0,12x$	0,39
	стерильність пилку	$Y = 1 / (0,02 + 0,01x)$	0,63
	об'єм фертильного пилку	$Y = 1 / (0,09 - 0,04x)$	0,38
Лобода біла	довжина волотей	$Y = 9,83 + 0,05x$	0,27
	стерильність пилку	$Y = 1 / (0,03 + 0,01x)$	0,65
	об'єм фертильного пилку	$Y = \exp(2,49 + 0,01x)$	0,33
Щириця загнута	довжина волотей	$Y = 9,84 + 0,05x$	0,32
	стерильність пилку	$Y = 1 / (0,03 + 0,01x)$	0,64
	об'єм фертильного пилку	$Y = 1 / (0,08 - 0,01x)$	0,35
Березка польова	довжина волотей	$Y = 9,61 + 0,07x$	0,37
	стерильність пилку	$Y = 1 / (0,02 + 0,01x)$	0,76
	об'єм фертильного пилку	$Y = \exp(2,48 + 0,01x)$	0,33
Осот жовтий	довжина волотей	$Y = 10,99 + 0,04x$	0,23
	стерильність пилку	$Y = 1 / (0,02 + 0,03x)$	0,70
	об'єм фертильного пилку	$Y = \exp(2,44 + 0,01x)$	0,40
Осот рожевий	довжина волотей	$Y = 10,44 + 0,08x$	0,32
	стерильність пилку	$Y = 1 / (0,03 + 0,01x)$	0,68
	об'єм фертильного пилку	$Y = \exp(2,51 + 0,01x)$	0,34

Певна різноманітність одержаних математичних моделей зв'язків між досліджуваними параметрами відображає той факт, що репродуктивний розвиток культурних рослин – специфічна складова частина системної реалізації онтогенетичних процесів, які взаємно зумовлюють один одного, слугуючи одночасно діагностичними критеріями стану кукурудзи.

Таблиця 6

**Система зв'язків між вегетативними та генеративними ознаками рослин
у другий рік використання гербіцидів**

Залежна змінна (Y)	Незалежна змінна (X)	Математична модель	Коефіцієнт кореляції
Полицева оранка			
Довжина волотей	висота	$Y = 1 / (0,44 - 0,02x)$	0,84
	листова поверхня	$Y = -4,04x^{0,79}$	0,72
	мітотичний індекс	$Y = 0,19 + 0,02x$	0,58
	соматичні мутації	$Y = -1,07x^{-0,09}$	-0,32
	вміст ДНК	$Y = -3,71x^{0,65}$	0,49
Стерильність пилку	висота	$Y = 1 / (-1,22 + 0,01x)$	-0,70
	листова поверхня	$Y = 1 / (-0,13 + 0,01x)$	-0,65
	об'єм фертильного пилку	$Y = 1 / (-0,01 + 0,01x)$	-0,39
Безполицева оранка			
Довжина волотей	висота	$Y = \exp(-2,18 + 0,02x)$	0,94
	листова поверхня	$Y = 0,94 + 0,01x$	0,82
	мітотичний індекс	$Y = -3,60x^{0,67}$	0,83
	соматичні мутації	$Y = -0,85x^{-0,22}$	-0,70
	вміст ДНК	$Y = 0,07 + 0,01x$	0,57
Стерильність пилку	висота	$Y = 1 / (-0,96 + 0,01x)$	-0,65
	листова поверхня	$Y = 1 / (0,04 + 0,01x)$	-0,14
	об'єм фертильного пилку	$Y = 1 / (0,06 + 0,01x)$	0,70

Таблиця 7

**Система зв'язків між вегетативними та генеративними ознаками рослин
на п'ятий рік використання гербіцидів**

Залежна змінна (Y)	Незалежна змінна (X)	Математична модель	Коефіцієнт кореляції
Полицева оранка			
Довжина волотей	висота	$Y = -35,12 + 0,24x$	0,95
	листова поверхня	$Y = \exp(1,42 + 0,01x)$	0,96
	мітотичний індекс	$Y = -0,12 + 0,01x$	0,82
	соматичні мутації	$Y = -0,44x^{-0,29}$	-0,70
	вміст ДНК	$Y = 1 / (7,38 - 0,10x)$	0,65
Стерильність пилку	висота	$Y = 34,29 - 5,87x$	-0,76
	листова поверхня	$Y = \exp(4,99 - 0,01x)$	-0,81
	довжина волотей	$Y = 7,21 x^{-1,56}$	-0,82
	об'єм фертильного пилку	$Y = 4,60 x^{-0,5}$	-0,69
Об'єм фертильного пилку	висота	$Y = 1 / (0,60 - 0,01x)$	-0,85
	листова поверхня	$Y = 1 / (0,22 - 0,01x)$	0,81
	стерильність пилку	$Y = 1 / (0,01 + 0,02x)$	-0,69
Безполицева оранка			
Довжина волотей	висота	$Y = -28,6 + 0,21x$	0,87
	листова поверхня	$Y = -1,14 + 0,01x$	0,91
	мітотичний індекс	$Y = 0,05 + 0,01x$	0,81
	соматичні мутації	$Y = -0,17 + 0,34x$	-0,86
	вміст ДНК	$Y = -0,19 + 0,01x$	0,54
Стерильність пилку	висота	$Y = 1 / (-0,11 + 0,01x)$	-0,64
	листова поверхня	$Y = 1 / (-0,01 + 0,01x)$	-0,70
	об'єм фертильного пилку	$Y = 1 / (-0,08 + 0,04x)$	-0,79
	довжина волотей	$Y = 1 / (0,03 + 0,01x)$	-0,46
Об'єм фертильного пилку	висота	$Y = -79,69 + 0,48x$	0,78
	листова поверхня	$Y = -14,87 + 0,01x$	0,77
	довжина волотей	$Y = -3,92 + 1,52x$	0,59
	стерильність	$Y = 25,45 - 0,39x$	-0,40

За таких умов можна оперативно виявляти будь-які відхилення від нормального функціонування АФЦ, вимірявши лише один із показників, і визначити інші, просто підставивши його значення у відповідну формулу.

Висновки

Для біоіндикації стану культурних рослин в агрофітоценозах можна використовувати чимало морфологічних і цитогенетичних ознак: висота, листкова поверхня, вміст хлорофілів чи каротиноїдів, мітотичний індекс, вміст ДНК в інтерфазних ядрах клітин кореневих меристем, рівень соматичних мутацій, розмір волотей, стерильність пилку, об'єм фертильних пилкових зерен тощо. Вони суттєво залежать від аделопатичної активності бур'янів і різних способів догляду за посівами, створюючи єдину систему, кожний компонент якої може узгоджувати свої зміни з іншими, що сприяє підтриманню рівноваги у біоценозі.

Бібліографічні посилання

1. **Гродзинський А. М.** Основи хімічної взаємодії рослин. – К. : Наукова думка, 1973. – 206 с.
2. **Жученко А. А.** Адаптивний потенціал культурних рослин (еколого-генетические основы). – Кишинев : Штиинца, 1988. – 767 с.
3. **Заславский Б. Г.** Управление экологическими системами / Б. Г. Заславский, Р. А. Полуэктов. – М. : Наука, 1988. – 295 с.
4. **Ладонин В. Ф.** Комплексное применение гербицидов и удобрений в интенсивном земледелии / В. Ф. Ладонин, А. М. Алиев. – М. : Агропромиздат, 1991. – 271 с.
5. **Огінова І. О.** Зміни аделопатичної активності бур'янів на гербіцидному тлі / Тези Міжнар. конф. «Питання біоіндикації і екології». – Запоріжжя, 1998. – С. 108.
6. **Огінова І. О.** Дослідження впливу різних гербіцидів і способів обробки ґрунту на ростові процеси кукурудзи / Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – Д : ДНУ, 2000. – № 8/2. – С. 33–39.
7. **Федтке К.** Биохимия и физиология действия гербицидов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 223 с.

Надійшла до редколегії 28.01.2009