



Органогенез кукурудзи як технологічна складова

26 бер 2017

**Журнал «Зерно», Віктор Любар,
керівник відділу з розвитку технологій ТОВ «Монсанта Україна», Bayer Crop Science**

Весь арсенал засобів інтенсифікації **вищуння кукурудзи** спрямований на максимальну реалізацію генетичного потенціалу сучасних гібридів культури. Удобрення, засоби захисту, системи обробітку ґрунту, зрошення – це лише інструментарій у вмілих руках агронома.

Адаптація складових до факторів **зовнішнього середовища** та біологічних вимог культури потребують глибоких фундаментальних знань сутності фізіологічних процесів і процесів формування елементів продуктивності рослин.

Навідміну від більшості культур, де **підвищення врожайності** або її стабілізація ймовірна за рахунок компенсаційних можливостей рослин (збільшення кількості зерен у колоску, збільшення коефіцієнта продуктивного кушення – зернові колосові; збільшення кількості бобів та насінин в бобах – зернові бобові; збільшення кількості гілок 2-го по рядку та стручків – олійні хрестоцвіті) кукурудза має менш динамічні можливості. Адже і число рядів зерен у качані і їх кількість в ряду детерміновані генетичними системами та мають чіткі кількісні обмеження. Навіть за умови повного запилення всіх квіток у качані та досягнення максимальних для гібрида кількісних показників (число рядів та зерен в ряду) потенціал продуктивності рослин визначатиметься масою зерна з качана. Як приклад, качани з різних ділянок вищуння відрізнялись за кількістю зерен не більше як на 35% (фото 1), натомість урожайність змінювалась у діапазоні до 27%, що є свідченням домінуючої ролі в урожайності показника маси зерна з кача на. Без сумніву, різний **рівень удобрення** та ґрунтовокліматичні умови стали головним корегуючим чинником, але кількісні параметри качанів відрізнялись не суттєво.

За висловлюваннями Ф. Куперман (1959):

«Спостереження за процесами формування конусів наростання... дозволили встановити, що рослина кукурудзи проходить через ряд етапів органогенезу. При цьому встановлено, поперше – що для проходження кожного етапу необхідний певний комплекс умов і, подруге, що на кожному із етапів органогенезу формуються різні органи, які визначають продуктивність рослин».

Саме розуміння процесів формування ге неративних органів і опційний біологічний менеджмент вимагає не лише знань біології культури, а й чіткого розуміння послідовності проходження якісних змін у рослинному організмі, які поряд із ростовими процесами скеровані на формування **продуктивної складової врожаю**.

Сприяння або мінімальне втручання в рослинний організм під час проходження етапів органогенезу мінімізує ризики прояву аномальних відхилень та зниження продуктивності агроценозу загалом. Унікальність кукурудзи – це не лише роздільностатевість та філогенетична подібність обох суцвіть (волоті і качана), а й зміщений цикл проходження ними етапів органогенезу (табл. 1).

Фото 1. Біологічна врожайність (ц/га) гібрида ДКС 3705 з різних точок випробувань



1 – Житомирська обл. (Осівці); 2 – Житомирська обл. (Емельчино);
3 – Житомирська обл. (Сокільча); 4 – Вінницька обл. (В. Стадниця);
5 – Хмельницька обл. (Ілляшівка)



З прив'язкою до видимих морфологічних змін, які прийнято називати фазами росту, **етапи органогенезу** (формування та розвиток генеративних органів) для обох суцвіть відбуваються порізно. Загалом за Куперман, волоть у розвитку проходить 9 етапів органогенезу (від появи сходів і до повного цвітіння), качан – 12 (від утворення 3-го листка і до фізіологічної стиглості). На будь-якому етапі органогенезу можливий негативний вплив як біотичного, так і абіотичного фактору, які можуть порушити або сповільнити весь подальший **процес формування генеративних органів**. Особливо відчутним такий вплив може бути на ранніх стадіях розвитку рослин до 11-го листка).

Розглянемо детальніше органоутворюючі процеси відповідно до про ходження рослинами кукурудзи **фаз росту**. Враховуючи, що головне продуктивне утворення на рослині кукурудзи – це качан, а **значення волоті** достатньо опосередковане (беручи до уваги, що одна волоть може продукувати до 20 млн пилкових зерен), основні акценти робитимемо на жіночому суцвітті.

Фаза сходів кукурудзи відповідає 1-му етапу органогенезу волоті. На цьому етапі апікальна меристема

не диференційована й істотного впливу на процеси органоутворення не відбувається. Можуть уповільнюватися лише ростові процеси під дією біотичних факторів (перезволоження, низькі температури, ущільнення ґрунту тощо). Фаза сходів – утворення 3-го листка відповідає 2-му етапу органогенезу волоті. Відбувається **видовження осі росту** стебла та закладка вузлів і міжвузлів. Формування волоті на цьому етапі ще не починається. Проте до моменту появи 3-го листка закладаються в яруси вузлової кореневої системи та за певних обставин ініціюється процес кушніння (пасинкування) –



Фото 2. Утворення пасинків із вузла кушніння

фото 2. Утворення пасинків є результатом комплексної взаємодії генетичної детермінації гібрида, ґрунтового кліматичних чинників та технологічних аспектів, серед яких провідне місце посідає **удобрення**. Саме надмірна концентрація легко розчинних нітратних форм азоту часто призводить до ініціювання утворення додаткових пагонів (пасинків) на рослинах кукурудзи. Це може спостерігатися при підвищених нормах внесення нітратних форм азоту у верхні шари **ґрунту** (під передпосівну культивуацію) або при зниженні температур нижче 6 °С, коли надходження нітратних форм у рослину продовжується, а поглинання фосфору – обмежене (фото 3).

Саме по собі пасинкування за умови відсутності на верхівках пасинків генеративного утворення (у вигляді качана) не виявляє впливу на загальну

продуктивність рослин кукурудзи і навіть може використовуватися основним стеблом, як депо пластичних речовин та **вологи**. За умови формування на пасинках генеративного утворення у нього також формується власна коренева система і, як наслідок, можлива конкуренція за вологу, світло та елементи живлення з головним пагоном.

Таблиця 1. Етапи органогенезу волоті та качана				
Фаза розвитку	Етап органогенезу		Характеристика етапу органогенезу	
	волоті	качана	волоті	качана
Сходи	1	–	Відсутність диференціації конуса росту	
3-й листок	2	–	Витягування конуса росту Утворення вузлів і міжвузлів зачатка стебла	
5-й листок	3,4	1	Розгортання зародкових листків. Сегментація конуса росту. Формування зачатка осі волоті	Формування листків і пагонів качанів
7-й листок	5	2,3	Сегментація колоскових лопатей волоті	Сегментація осі зачатка качана, закладка рядів зерен
9-й листок	6	4	Формування і диференціація квіток волоті. Початок формування пилку	Формування качана, закладка зерен в ряді
15-й листок	7	5	Ріст покривних тканин квіток колосків і квіток	Диференціація квіток качана, закладка тичинок і зав'язі
Поява волоті	8	6	Поява волоті	Формування зародкового мішечка
Цвітіння волоті	9	7	Цвітіння волоті	Посилений ріст стовпчиків зав'язі та стрижня качан
Цвітіння качана	-	8,9		Поява приймочок. Запліднення і формування зернівки
Молочна стиглість	-	10		Формування зародку, утворення ендосперму та перикарпію зерна
Воскова стиглість	-	11		Дозрівання зародку. Утворення абсцисного прошарку
Повна стиглість	-	12		Диференціація ендосперму. Утворення складних білків та вуглеводнів



Фаза 3го листка, що утворює **органогенез гібридів кукурудзи** – утворення 5-го листка відповідає 3му та 4му етапам органогенезу волоті та 1му качана (фото 4). Під час цього періоду повністю завершується формування вегетативних частин стебла і потім на верхівці пагона відбувається закладка осі волоті без сегментації на бічні гілочки. У пазухах листків закладаються бічні апікальні меристеми (майбутні качани) та формуються **зачаткові листки** обгортки качанів. Над звичайно важливим у цей час є доступність для рослин сполук фосфору, азоту, цинку. Якщо з двома останніми звичайні проблеми бувають доволі рідко, то присутність до ступних форм фосфору в активній зоні не достатньо сформованої **кореневої системи кукурудзи** є вкрай необхідною, звідси висока ефективність застосування фосфорних добрив при сівбі. Також у цей період слід дотримуватись регламентів застосування гербіцидів, особливо з рістрегулюючим ефектом (дикамба, 2,4–Д). Порушення регламентів їх застосування, використання неперевірених композиційних сумішей, наявність у препаратах невідомих супутніх хімічних речовин, перебування рослин при цьому у стані біотичного стресу (високі або понижені температури, перезволо ження ґрунту тощо) може призводити до «яловості» рослин (відсутність качанів) або формування додаткових пагонів з одного вузла (фото 5).



Фото 3. Пріоритетність надходження у рослини кукурудзи азоту при підвищеній концентрації нітратних форм або знижені температури ґрунту

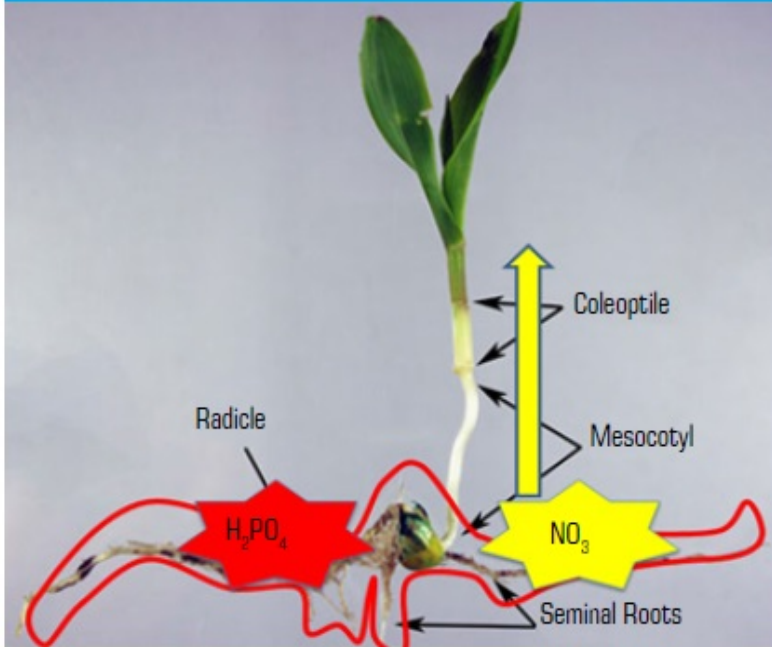


Фото 5. Формування кількох генеративних пагонів з одного вузла



Фото 4. Рослина кукурудзи у розрізі на 1-му етапі органогезу качана

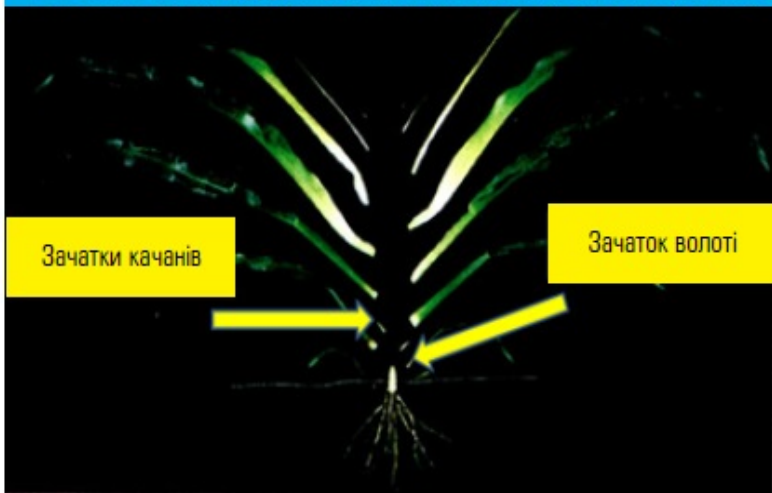


Фото 6. Зачаткові волоті та качан кукурудзи у фазі 7-ми листків



Фаза 5-го листка – утворення 7-го листка відповідає 5-му етапу органогенезу волоті та 2-му та 3-му етапам качана. Цей період характеризується сегментацією колоскових лопатей і диференціацією двох квіток у кожному колоску волоті та видовженням осі зачаткового стебла качанів, сегментації на вузли, міжвузля та конусу росту качана (закладаються ряди зерен) – фото 6. Наявність у цей час у ґрунті доступних елементів живлення є пріоритетним, але не менш важлива також достатня аерованість ґрунту. Як і на попередньому етапі необхідно дотримуватись регламентів застосування гербіцидів, оскільки можливе зниження рядності зерен. Зазвичай це може бути компенсовано збільшенням маси зерна, але качани одного і того самого гібрида з меншою кількістю рядів зерен мають вищу вологість зерна на момент дозрівання (фото 7).



Фото 7. Зменшення рядів зерен по всій довжині качана (зліва) і ступінчасте (справа)



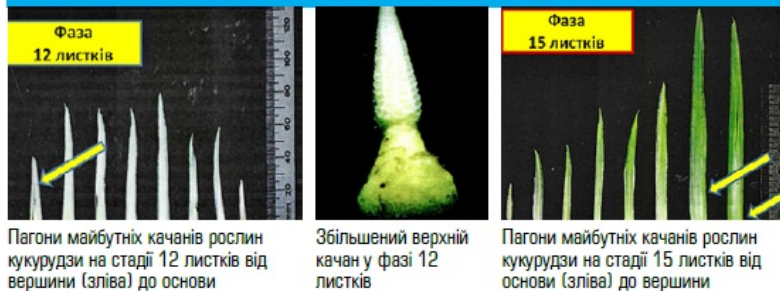
Фаза 7-го листка – утворення 9-го листка відповідає 6-му етапу органогенезу волоті та 4-му етапу качана. Саме тоді відбувається **диференціація квіток волоті** (рудиментується зав'язь і функціональними залишаються лише тичинки) і формуються пілкові зерна в пиляках, а в качані починається формування зачатків колосків і закладається кількість зерен в ряду (фото 8). Особливістю цього етапу є істотний вплив на **зниження загальної продуктивності рослин** у разі значної конкуренції з боку бур'янів та залежність ступеня озерненості качанів від нерегламентованого застосування гербіцидів або підвищених температур (фото 9)

Важливими є оптимізація **водного режиму ґрунту** агротехнічними методами (при можливості – **зрошення**) та забезпечення повного мінерального живлення (при нестачі фосфору частина гілочок волоті та колосків качана можуть бути недорозвинутими). Також важливим є доступність N, K, S, Ca, Mg, Mn, Zn. Фаза 9-го листка – утворення 11-го і решти листків відповідає 7-му етапу органогенезу волоті та 5-му – качана. У цей час відбувається **ріст покривних тканин квіток** колосків і квіток та інтенсивний ріст суцвіття волоті, у качані проходить формування та диференціація квіток (під кінець етапу). Особливістю цього періоду є визначення пріоритетності перерозподілу пластичних речовин у межах закладених качанів на рослині (фото 10).

Фото 9. Наслідки гербіцидного стресу



Фото 10. Зміна параметрів качанів та пріоритетності їх розвитку



Фактично визначається **кількість продуктивних качанів** на рослині, а сигналом для цього є інтенсивність освітлення листків верхнього ярусу. Чим краща освітленість, тим вища ймовірність появи 2х і більше качанів на рослині. Пріоритетним регулюючим фактором при цьому є густота стояння та рівномірність розташування рослин, які мають бути чітко встановлені на момент проведення посіву

Поява волоті відповідає 8-му етапу **органогенезу кукурудзи** волоті та 6-му – качана. У цей

час відбувається ріст тичинкових ниток у волоті та формування зародкових мішків качана та посилений ріст стовпчиків зав'язей качана. Особливістю періоду є інтенсивне споживання елементів живлення та вологи. Поліпшення умов живлення мікроелементами, які **підвищують фертильність (B)**, водоспоживання (Zn) та фотосинтетичну продуктивність (Mg, Mn), на цьому етапі створюють переумови ефективного цвітіння та запліднення. Елементи живлення можна «задепонувати», вносячи їх по 9-му і більше листку. Варто зауважити, що починаючи з цього **етапу органогенезу** практично відсутні ефективні методи подальшого регулювання продуктивності посіву (можливе підсилення фізіологічних процесів шляхом використання препаратів групи стробілуринів).



Цвітіння волоті відповідає останньому (9-му) етапу органогенезу волоті і 7-му етапу – качана. Тоді відбувається цвітіння волоті та початок появи стовпчиків зав'язей («шовку»). Усі наступні **етапи органогенезу** качана (812-й) пов'язані із заплідненням та формуванням зернівки і їх проходження повністю залежить від кліматичних факторів, рівня забезпечення ґрунту елементами живлення та вологою.

Рослини кукурудзи характеризуються чітко вираженим **протерандричним типом цвітіння**. Тобто цвітіння волоті у більшості гібридів та сортотипів кукурудзи розпочинається за звичайних умов на 26 днів раніше за цвітіння волоті.

Можливі подовження або скорочення розриву у часі між цвітінням обох суцвіть визначається генотипом рослин та кліматичними чинниками під час проходження **етапів органогенезу волоті та качана**. Тепла погода і подовження тривалості й інтенсивності освітлення при зводять до збільшення розриву в часі початку цвітіння обох суцвіть до 810 днів і, навпаки, прохолодна погода та скорочення довжини світлового дня (тобто істотне зміщення строків сівби) зумовлюють більш ранню появу «шовку».

Таким чином, синхронізація знань ростових процесів та процесів **органоутворення у рослин кукурудзи** упереджують від прийняття технологічно невиважених рішень, дають нам ефективні важелі управління процесами формування продуктивності посівів та створюють оптимальні передумови розкриття генетичного потенціалу рослин