

О. І. Рудник-Іващенко,
доктор сільськогосподарських наук
Український інститут експертизи сортів
рослин

УДК 633.171;631.527;581.13.1.1.035.2

Підвищення продуктивності фотосинтетичного апарату рослин методом генної модифікації

Через теоретичний аналіз показано переваги рослин сільськогосподарських культур з фотосинтезом С₄ перед рослинами типу С₃. Обговорено можливості залучення такого С₄-метаболізму або хоча б частини його у важливі сільськогосподарські культури з С₃-метаболізмом за допомогою генетично-модифікованих конструкцій.

Ключові слова:

продуктивність фотосинтезу, дослідження, рослини типу С₄ та С₃, просо, генна модифікація

Удосконалення фотосинтетичної діяльності передбачає створення фотосинтезуючих систем рослин (фітоценозів), які здатні забезпечувати найбільш ефективно засвоєння енергії потоків ФАР на утворення продуктів фотосинтезу та оптимальне використання їх у процесах метаболізму, транспорту, розвитку, органогенезу з участю невеликої кількості азоту і мінеральних елементів, що забезпечують переважно каталітичні регуляторні функції [1]. Як зазначає А. А. Жученко, частка антропогенної енергії в агрофітоценозі відносно всієї сонячної енергії, що працює на врожай, становить лише 0,05% [2]. Тому роль «постійного потоку антропогенної енергії» зводиться лише до управління «великим» потоком природної енергії.

Впродовж століть і до останнього часу практична селекція забезпечувала створення дедалі продуктивніших сортів рослин, ґрунтуючись на екстенсивному типі продукційного процесу. Інакше кажучи, створювали сорти з підвищеною кількістю фотосинтезуючих одиниць (хлоропластів, площ листків), розміщених на одиницю об'єму та площі посіву за максимально можливої тривалості активного фотосинтезу. Ці сорти вирізнялися здатністю формувати у фітоценозі високий асиміляційний потенціал (м²/добу), але їхній фотосинтетичний апарат, його активність

майже не використовували, тому ці показники зберігалися на рівні, наближеному до фотосинтезу вихідних форм [3].

Проте позитивний взаємозв'язок між фотосинтетичною продуктивністю та площею листової поверхні обмежується певними розмірами останньої. Наприклад, у зернових культур цей показник становить 4–5 м²/м² посіву, у сортів з поліпшеною формою листків та оптимальним розміщенням їх у просторі за достатнього рівня живлення – 6–7 м²/м² [4–6]. Подальше збільшення фотосинтетичного апарату на одиницю площі обмежується передусім у забезпеченні листків рослини ФАР.

Від часу відкриття С₄-метаболізму та факту практичної відсутності у С₄-видів фотодихання за оптимальних умов вирощування істотний інтерес викликала перспектива залучення такого метаболізму або хоча б частини його у важливі сільськогосподарські культури з С₃-метаболізмом. За розрахунками дослідників, підвищення продуктивності фотосинтезу у зернових, які вирощують у помірній кліматичній зоні, до рівня найбільш продуктивних тропічних і субтропічних культур (тип фотосинтезу С₄) дало б змогу підвищити їхній фізіологічний потенціал до 15–20 т/га зерна [7].

Рослини типу С₄ характеризуються високими темпами розвитку

та швидкістю фотосинтезу, у них практично відсутнє фотодихання, яке можна спостерігати. Автором у результаті експериментальних досліджень було детально вивчено фізіолого-біологічну природу рослин проса та генетичну природу основних господарсько-цінних морфологічних ознак культури, яка має рідкісні особливості фотосинтезу первинних біохімічних його продуктів. Це зумовлено специфічними генетико-фізіологічними особливостями життєдіяльності рослин проса. Встановлено, що за біохімічними особливостями первинних продуктів фотосинтезу типу С₄ рослини проса близькі до сорго, кукурудзи, цукрової тростини і характеризуються дуже ефективним використанням СО₂ з повітря, тепла сонця, високою посухо- і жаростійкістю, солевитривалістю, стійкістю до багатьох видів грибкових захворювань, підвищеною білковістю зерна, кормовою цінністю вегетативної маси, невибагливістю до строків сівби, а також цілющими властивостями його продуктів харчування [8].

Завдяки зазначеним особливостям та ранньостиглості просо більше, ніж будь-яка інша зернова культура, придатне для вирощування в посушливих регіонах і в зонах поширення солонцюватих ґрунтів або для пересіву озимих і ярих культур, а

також поукісних і післяжнивних потворних посівів [9].

Такі особливості вказують і на велику перспективність проса для агрофітоценозів майбутнього у зв'язку зі зміною останнім часом клімату земної кулі в бік значного потепління до таких меж, коли сучасні найпоширеніші види зернових культур з фотосинтезом C_3 можуть стати недостатньо пристосованими до такого потепління.

У більшості сільськогосподарських культур, які належать до C_3 -рослин, висока інтенсивність фотодихання. Фотосинтез і фотодихання – тісно пов'язані процеси, в основі яких лежить біфункціональна активність одного й того ж ключового ферменту – рибулозобісфосфат-карбоксилази (РубФК). РубФ-карбоксилаза може залучати не тільки CO_2 , а й O_2 , тобто здійснювати реакції карбоксилювання і оксигенування. За оксигенування РубФ утворюється фосфогліколат, який є основним субстратом фотодихання – процесу викиду CO_2

на світлі, в результаті чого втрачається частина фотосинтетичних продуктів. Низьке фотодихання у C_4 -рослин пояснюється не відсутністю ферментів гліколатового типу, а обмеженням оксигеназної реакції, а також реасимиляцією CO_2 фотодихання.

Одним із завдань, що стоять перед генетичною інженерією, є дослідження можливості створення РубФК з переважною карбоксилазною активністю.

Характер фотосинтезу – генетично детермінована ознака. Той факт, що C_4 -тип фотосинтезу дуже поширений і часто варіює за виявом всередині одного і того ж таксону, свідчить про те, що генетичними методами його можна передати в системи, де він відсутній. У США, Японії, Канаді, Австралії та інших країнах ведеться детальне вивчення біохімічної та генетичної сутності фотосинтезу C_4 -типу з тим, щоб за допомогою методу рекомбінантних ДНК підвищити його продуктивність передусім у зернових культур [10].

Висновки. *Нинішній етап розвитку генетичної інженерії рослин дістав назву «Метаболічна інженерія». При цьому ставляться завдання не стільки поліпшити ті чи ті наявні характеристики рослини, як за традиційної селекції, скільки навчити рослину виробляти абсолютно нові сполуки, які використовують у медицині, хімічній промисловості та інших галузях. Цими сполуками можуть бути, наприклад, особливі жирні кислоти, корисні білки з високим вмістом незамінних амінокислот, модифіковані полісахариди, істивні вакцини, антитіла, інтерферони та інші «лікарські» білки, нові полімери, що не засмічують довкілля та багато чого іншого – корисного, як для людини, так і для рослини. Використання трансгенних рослин дало змогу налагодити масштабне і дешеве виробництво таких речовин і тим самим зробити їх доступнішими для широкого вжитку.*

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Ничипорович, А. А. Важнейшие проблемы фотосинтеза в растениеводстве. / А. А. Ничипорович. – М.: Изд-во АН СССР, 1970. – С. 6–22.
2. Жученко, А. А. Адаптивная селекция растений. // Селекция продуктивных сортов. Биология. / А. А. Жученко. – М.: Знание, № 12. – 1986. – С. 4–30.
3. Ничипорович, А. А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности. Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. / А. А. Ничипорович. – М.: Наука, 1972. – 511 с.
4. Кумаков, В. А. Эволюция показателей фотосинтетической деятельности яровой пшеницы в процессе селекции и их связь с урожайностью и биологическими особенностями растений. / В. А. Кумаков: автореф. дис. на соиск. уч. ст. д. б. н. – Л., 1971. – 41 с.
5. Мокронос, Г. И. Пути повышения продуктивности фотосинтетического аппарата. / Г. И. Мокронос в зб. Физиология растений. – М.: Наука, 1988. – С. 101–129.
6. Шатилов, И. С. Водопотребление и формирование урожая озимой пшеницы. / И. С. Шатилов, А. Г. Замараев, Г. В. Чаповская [и другие]. Изв. ТСХА, 1971. – № 4. – С. 34–42.
7. Butler W.L. Energy distribution in the photochemical apparatus of photosynthesis. / W.L. Butler. Ann. Rev. Plant Physiol., 29, 1978. – P. 345–378.
8. Рудник-Іващенко, О. І. Управління процесом формування врожайності зерна проса посівного. Автореф. дис... д. с.-г. н. – Київ, 2010. – 45 с.
9. Зеленский, М. И. Фотосинтетические характеристики важнейших сельскохозяйственных культур и перспективы их селекционного использования. / М. И. Зеленский. // В кн. Физиологические основы селекции растений. – С.-Петербург: ВИР, 1995. – Т. 2. – С. 460–554.
10. Austin G. Photosynthetic and growth responses of old and modern spring wheat cultivars to atmospheric CO_2 enrichment. Agriculture, Ecosystems / G. Austin. V. 64, Issue, p. 65–73.