

УДК 633.171; 631.527;
631.521
© 2010

ОСОБЛИВОСТІ ФОТОСИНТЕЗУ РОСЛИН ПРОСА ПОСІВНОГО

*О.І. Рудник-Іващенко,
кандидат сільсько-
господарських наук
Українська академія
аграрних наук*

*Л.В. Григоращенко,
кандидат сільсько-
господарських наук
Інститут рослинництва
ім. В.Я. Юр'єва УААН*

Вивчено залежність продуктивності рослин проса від накопичення чистої продуктивності фотосинтезу. Встановлено, що в сортів проса одного типу дозрівання збільшення фотосинтетичного потенціалу відбувається шляхом прискорення темпів формування площі листків і збільшення її максимальної величини.

Найбільш важливим процесом життєдіяльності рослин є фотосинтез. Від нього, передусім, залежать ріст і розвиток рослин, їхній урожай. Продуктивність фотосинтезу рослин визначається 2-ма головними показниками — сумарною площею листків (асимілюючою поверхнею) та інтенсивністю фотосинтетичних процесів на одиницю площі листків [3].

Основна фізіологічна властивість проса полягає у тому, що фотосинтез у нього здійснюється за типом C_4 (подібно до рослин сорго й кукурудзи та рослин тропічного кліматичного поясу), тоді як у більшості культур помірної кліматичної зони — за типом C_3 . Дослідниками встановлено, що головною відмінністю між ними є те, що рослини типу C_4 менш вибагливі до насичення повітря CO_2 (насичення наближене до природної концентрації — 0,03%), і досить високе його засвоєння відбувається за рахунок низького виділення під час фотодихання [5].

Просо як типовий представник культур типу C_4 має здатність ефективніше використовувати азот і накопичувати досить значну суху масу на одиницю його засвоєння [4]. Саме тому рослини цієї культури є високопродуктивними, з високою стійкістю до несприятливих умов вирощування.

Мета досліджень — установити фотосинтетичний потенціал рослин проса через особливості формування площі листової поверхні за міжфазними періодами розвитку, вивчити накопичення чистої продуктивності фотосинтезу за фазами розвитку, приріст біомаси за добу на 1 м^2 посівів.

Методика досліджень. Експериментальну частину роботи проводили впродовж 2006—2009 рр. Чисту продуктивність фотосинтезу рослин проса (приріст сухої біомаси в грамах за певний проміжок часу, зарахований на одиницю листової поверхні) визначали за етапами органогенезу з певною періодичністю,

починаючи з 5-го (фаза трубкування) і закінчуючи 11-м (фаза досягання), коли листки повністю розвинуті і в нижніх ярусах починають відмирати.

Дослідження проведено на 5-ти генотипах проса. Сорти вітчизняної селекції однотипні за тривалістю вегетаційного періоду, а саме: середньостиглі генотипи з тривалістю цього періоду 81—90 діб — Миронівське 51, Веселоподолянське 176, Веселоподільське 16, Омріяне, Київське 87. Однотипний набір сортів брали для того, щоб дослідити сам процес накопичення чистої продуктивності фотосинтезу за однакових умов вирощування та встановити вплив сортового фактора на величину фотосинтезу.

У процесі експериментальних досліджень підраховували на ділянці кількість рослин, визначали параметри їхніх морфологічних ознак. Для аналізу відбирали з ділянки 5 рослин, характерних для досліджуваного поля, ретельно їх розбирали, кореневу систему вилучали з досліджень. Пожовклі та відмерлі листки відокремлювали і складали в одну ємність (паперову коробочку), зелені — другу, всі інші частини рослин — третю, які підписували. Рослинний матеріал із кожної ємності зважували на вагах.

Площу листків вирощували за формулою [2]:

$$S_n = 0,65ab,$$

де S_n — площа одного листка, cm^2 ; a — найширша частина листка, cm ; b — довжина листка, cm ; 0,65 — коефіцієнт, який відображає конфігурацію листка.

Після цього рослинний матеріал у ємностях висушували в сушильних шафах до повітряно-сухого стану за температури $105^\circ C$, зважували, визначаючи повітряносуху масу зеленого листя, підсохлих і пожовклих листків та інших частин рослин. Через 7—10 діб знову брали таку ж кількість рослин з тих самих ділянок. Особливу увагу приділяли однорідності відбра-

1. Кількість зелених листків у рослин проса за періодами розвитку (2006–2009 рр.)

Фаза розвитку рослин	Сорт									
	Миронівське 51		Веселоподолянське 176		Омріяне		Київське 87		Веселоподільське 16	
	1*	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Трубкування	18	7	17	7	20	7	18	7	22	8
Викидання волоті	39	6	27	6,8	41	6,4	35	6	38	7
Цвітіння	42	5,4	30	6,3	43	6,1	37	5,9	41	6,6
Дозрівання	20	4	29	4,5	26	4,5	33	4,1	19	4,5

* 1 — діб від сходів; 2 — кількість зелених листків, шт.

них рослин, які обов'язково повинні мати таку саму кількість продуктивних пагонів, як і в попередній термін взяття проб. Усі інші дії повторювали.

Фотосинтетичний потенціал визначали за формулою:

$$\text{ФП} = \frac{Л_1 + Л_2}{2 \times 1000} T,$$

де $Л_1, Л_2$ — площа листової поверхні в конкретні фази розвитку, тис. $\text{м}^2/\text{га}$; T — довжина міжфазного періоду, доба.

Чисту продуктивність фотосинтезу вираховували за формулою:

$$\text{ЧПФ} = V_2 - V_1 / 0,5(Л_1 + Л_2)n,$$

де ЧПФ — чиста продуктивність фотосинтезу, $\text{г}/\text{м}^2$ за добу; V_1 і V_2 — суха маса рослин на початку та в кінці облікового періоду, г; $Л_1, Л_2$ — площа листової поверхні на початку/кінці облікового періоду, м^2 ; n — кількість днів між 2-ма визначеннями.

Коефіцієнт варіації визначали за Доспеховим [1].

Результати досліджень. Накопичення ЧПФ у рослин проса визначали з фази трубкування, найдовшої за роками досліджень після фази дозрівання. У фазі цвітіння асиміляційна поверхня була найбільшою, оскільки в наступних фазах спостерігалось усихання листків (табл. 1.).

Спостереження за розвитком листової поверхні рослин проса впродовж 2006–2009 рр. показали, що в початкових фазах розвитку наростання листової поверхні рослин проса проходило повільно. Найбільших параметрів — довжини і ширини, листовка пластинка рослини досягла у фазі цвітіння. Міжсортний коефіцієнт варіювання формування листової поверхні за роками був досить низьким — від 4,6% у сорту Київське 87 до 15,2% — Миронівське 51, що свідчить про слабку залежність величини листової пластинки від років вирощування та значні, статистично ймовірні сортові відмінності за ознаками параметрів листової пластинки.

Розподіл накопичення маси листя за фазами розвитку у досліджуваних сортах відбувався по-різному (рис. 1). Сорти проса Миронівське 51 і Веселоподолянське 176 майже однаково накопичували зелену масу листя за фазами розвитку — найменше — у фазі виходу в трубку, у подальші фази розподіл накопичення маси проходив досить вирівняно. Сорти Київське 87 і Веселоподільське 16 також досить рівномірно накопичували масу за фазами розвитку. Сорт проса Омріяне вирізнявся з цього переліку сортів розподілом накопичення маси зеленого листя. Найбільше він накопичував її у фазі цвітіння, істотно меншою вона була у фазі дозрівання. Для рослин проса характерне значне збереження зеленого листя у фазі дозрівання. Це підтвердили й результати досліджень. Усі сорти, крім сорту Омріяне, розвивались у фазі дозрівання за таким принципом. За результатами досліджень, ця ознака є досить нестабільною і значною мірою залежить від умов вирощування.

Величина ФП відзначалася сортовими особливостями проса. У середньому за роки досліджень коефіцієнт ФП був найвищим у всіх досліджуваних сортах у фазах цвітіння, найнижчим — дозрівання (табл. 2). Сорт Київське 87 мав найвищий показник — 2,4 млн $\text{м}^2/\text{га}$ у фазі цвітіння, найнижчий був у сорту Веселоподільське 16 — 0,8 млн $\text{м}^2/\text{га}$ у фазі дозрівання.

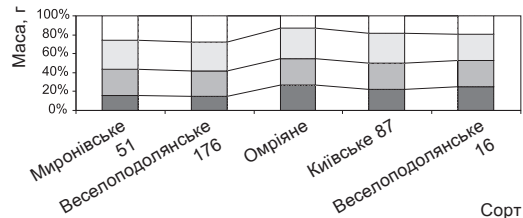


Рис. 1. Накопичення маси зеленого листя за фазами розвитку (середнє за 2006–2009 рр.): ■ — фаза виходу в трубку; ■ — фаза викидання волоті; □ — фаза цвітіння; □ — фаза дозрівання

2. Показники фотосинтетичної діяльності посівів проса за фазами розвитку рослин (середнє за 2006–2009 рр.)

Фаза розвитку рослин	Сорт														
	Миронівське 51			Весело-подільське 176			Омріяне			Київське 87			Веселоподільське 16		
	1*	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Вихід у трубку	45,4	1,8	3,8	46,1	1,8	3,5	42,9	1,7	3,4	42,3	1,6	3,5	35,3	1,4	2,6
Викидання волоті	53,4	2,1	4,5	49,9	1,9	3,8	57,6	2,3	4,6	51,5	2,0	4,3	40,9	1,6	3,1
Цвітіння	58,8	2,3	4,9	51,3	2,0	3,9	59,7	2,3	4,7	62,9	2,4	5,2	42,3	1,6	3,2
Дозрівання	32,0	1,2	2,7	25,6	1,0	2,0	24,1	0,9	1,9	34,3	1,3	2,9	21,2	0,8	1,6
Середнє за вегетацію	47,4	1,85	4,0	43,2	1,8	3,3	46,1	1,8	3,7	47,8	1,8	4,0	34,9	1,4	2,6

* 1 — S — площа зеленого листя, тис. м²/га; 2 — ФП, млн м²/га діб; 3 — ЧПФ, г/м² за добу.

Посіви проса в дослідях як фотосинтезуюча система найбільш продуктивно функціонували в період викидання волоті — цвітіння, коли площа листків була оптимальною 5,46—6,28 м² та 5,19—6,46 м² у сортів Миронівське 51 та Київське 87. ЧПФ у цей час становила 4,5—4,9 та 4,3—5,2 г/м² за добу, ФП мав показники 2,1—2,3 та 2—2,4 млн м²/га діб, добовий приріст сухої біомаси становив 11,33—12,39 та 7,43—16,28 г/м² відповідно, тобто 70% максимального за вегетацію, хоча тривалість цього періоду — усього 30% загальної вегетації рослин зазначених сортів.

Величина ФП за роками досліджень мало залежала від років вирощування. Накопичення сухої маси рослин залежало від продуктивності фотосинтезу, наростання листової поверхні та суми днів вегетаційного періоду. ЧПФ — дуже пластичний показник, який змінюється під впливом багатьох факторів, але є специфічним для різних сортів.

Найвищий коефіцієнт накопичення ЧПФ і показник ФП були у фазі цвітіння. Якщо ЧПФ знаходиться у прямій залежності від накопичення сухої маси, то в зворотній — від ФП. Найменший показник ЧПФ спостерігали в несприятливий рік вирощування проса — 2007. Найвищий показник ЧПФ був у сортів Миронівське 51 та Київське 87. У фазі найвищого його накопичення — цвітіння він становив 4,9 та 5,2 г/м² за добу відповідно (див. табл. 2).

Продуктивність фотосинтезу рослин залежить від фази розвитку. Так, у наших дослідженнях фотосинтетична продуктивність у рослин проса у фазі виходу в трубку становила 1,6—1,8 млн м²/га за добу, максимальною вона була в кінці цвітіння — 1,6—2,4 млн м²/га за добу.

Із загального ФП рослин у середньому лише близько 50% припадає на частку листків, близько 30 — волоті та близько 20% — стеб-

ла. Природно, що в період після викидання волоті роль стебла та волоті в роботі фотосинтезу підвищується.

Результати досліджень показали, що більшість листків рослин проса, як і інші органи, незалежно від сортів і групи стиглості, довго зберігають фотосинтетичну здатність у 2-й половині вегетації. Це свідчить про те, що налив зерна в проса добре забезпечений роботою асиміляційного апарату.

Період наливу зернівки проса тривав 16—26 діб. Найбільше накопичення сухої біомаси відбувається у період виходу рослин у трубку — викидання волоті. До фази куцїння величина сухої біомаси була незначною (1,9—4 ц/га), її різке наростання відбувається від фази куцїння до виходу в трубку. У фазі викидання волоті величина біомаси зменшується. Її збільшенню у цій фазі сприятиме підживлення мінеральними добривами.

Зниження сухої речовини відбувається у фазі повного достигання рослини. У цей період проходить перерозподіл NPK в органах рослини та відмирання листків нижніх ярусів. Найнижчі прирости сухої біомаси спостерігаються у фазі молочної стиглості.

У формуванні біологічного врожаю важливу роль відіграє ФП сумарної листової поверхні, який визначається швидкістю її утворення та тривалістю активної роботи. Ця величина точніше характеризує потужність асиміляційного апарату посівів у цілому за вегетацію та має сортову залежність.

Найнижчим коефіцієнт ЧПФ за міжфазними періодами був у фазі дозрівання, коли формування загальної площі листків рослин проса також було невеликим порівняно з попередніми фазами.

Динаміка площі листової поверхні свідчить про те, що на різних етапах вегетації посів як фотосинтезуюча система функціонує неодна-

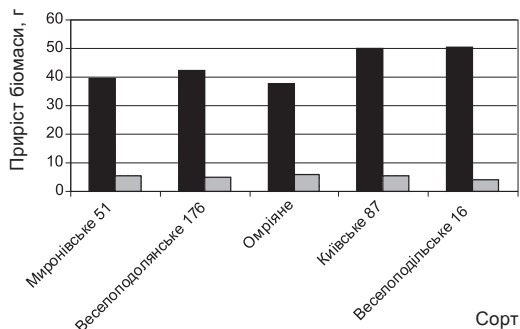


Рис. 2. Залежність величини сирової маси від площі зеленого листа в рослин проса посівного (середнє за 2006–2009 рр.): ■ — сира маса, г; □ — площа зеленого листа, м²

ково. За періоди вегетації — вихід у трубку та дозрівання, коли площа листкової поверхні була меншою, коефіцієнт ЧПФ не міг бути високим, тому цілком логічно, що він становив 3,8—2,7; 3,5—2; 3,4—1,9; 3,5—2,9; 2,6—1,6 г/м² за добу, відповідно середнє за роками досліджень (див. табл. 2).

У фазі цвітіння, коли площа листків значно наростає, коефіцієнт ЧПФ збільшується і досягає максимуму за сортами: Миронівське 51 — 58,8:4,9; Веселоподільське 176 — 51,3:3,92; Омріяне — 59,7:4,7; Київське 87 — 62,9:5,2; Веселоподільське 16 — 42,3:3,2 тис. м²/га:г/м² за добу, середнє за роками досліджень. Проте в роки, сприятливі для розвитку рослин, у деяких сортів спостерігали зменшення показника ЧПФ. Варіювання цього коефіцієнта в бік

його зменшення можна пояснити тим, що у фазі цвітіння у сортів збільшення листкової площі призвело до затінення нижніх ярусів листків.

У наступних фазах свого розвитку рослини проса знижують накопичення листкової площі за рахунок листків нижніх ярусів, які починають всихати. У цей період переважає перерозподіл і відтік пластичних речовин із вегетативних органів у генеративні.

Коефіцієнт ЧПФ у фазі дозрівання найвищим за добу був у сортів Миронівське 51 — 2,7 г/м² та Київське 87 — 2,9 г/м², приріст біомаси за цей період становив 50,61 г/м² та 72,04 г/м² відповідно. Отже, показник ЧПФ знаходиться у прямій залежності від накопичення біомаси рослин проса на всіх етапах їхньої вегетації.

Динаміка площі листків рослин культури в дослідженнях свідчить про те, що на різних етапах органогенезу рослин проса посів як фотосинтезуюча система функціонує неоднаково. Перші 20—30 діб вегетації (у фазі сходів), коли середня площа листків є найменшою, більша частина фотосинтетичної активної радіації (ФАР) не уловлюється листками і надходить до поверхні ґрунту, і тому коефіцієнт використання ФАР не може бути високим. У міру наростання площі листкової поверхні цей коефіцієнт збільшується.

Накопичення ЧПФ у рослин проса значно залежить від довжини міжфазних періодів. У межах сортів, однотипних за вегетаційним періодом розвитку, найбільший коефіцієнт ЧПФ у дослідях був у сортів Миронівське 51 та Київське 87, які встигали за короткий період сформувати більшу площу листкової пластинки.

Висновки

Установлено, що в сортів проса одного типу дозрівання збільшення фотосинтетичного потенціалу відбувається шляхом прискорення темпів формування площі листків і збільшення її максимального значення.

Експериментально встановлено, що існують сортові відмінності в ступені чутливості до змін фотоперіоду, зумовлені відповідними генетичними та біохімічними механізмами

в рослинах. Це свідчить про принципову можливість створення сортів проса, фотоперіодично нейтральних, здатних успішно розвиватися за умов різних світлових режимів.

На тривалість міжфазних періодів впливають різні фактори, у тому числі й агротехнічні, за допомогою яких можна істотно регулювати процес наростання площі листків і тривалість періодів.

Бібліографія

1. Дослехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985. — 252 с.
2. Практикум по физиологии растений/Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухов, Л.А. Паничкин и др. — М.: Агропромиздат, 1990. — 271 с.
3. Синятин И.И. Площади питания растений. — М.: Россельхозиздат, 1975. — 382 с.
4. Long S.P. C₄ photosynthesis at low temperatures//Plant, Cell and Environment. — 1983. — № 6. — P. 345—363.
5. Monsi M., Saeki T. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion//Jap. J. Bot. — 1953. — № 14. — S. 22—52.