

УДК 633.854.78: 581.132: 631.81
© 2014

Ю.І. ТКАЛІЧ,
доктор сільськогосподарських наук

М.П. НІЩЕНКО,
здобувач

ДУ "Інститут сільського
господарства степової зони НААНУ",
м. Дніпропетровськ, Україна
E-mail: tkalich_yuriy@ukr.net

ОСОБЛИВОСТІ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКУ ЗАЛЕЖНО ВІД БІОПРЕПАРАТІВ

Встановлено, що поліпшення умов живлення соняшнику шляхом використання для інокуляції бактеріальних препаратів Діазофіт, КЛ-9, Діазофіт + Фосфоінтерин та регулятора росту Вимпел у фазі 3–4 пар листків забезпечує підвищення рівня основних показників фотосинтетичної діяльності посівів і врожайності соняшнику на 0,13–0,32 т/га.

Ключові слова: біопрепарати, гібриди, соняшник, урожайність.

На сьогодні площі під соняшником в Україні значно розширилися і навіть перевищують рекомендовану науковцями частку його в структурі посівних площ. Підживлюють соняшник в основному мінеральними добривами, ціна яких надто висока. Тому, на нашу думку, являє певний інтерес екологічна доцільність застосування таких нових технологічних елементів у вирощуванні культури, як мікробні препарати і регулятори росту рослин.

Учені, які досліджували це питання, переконалися в ефективності дії бактеріальних препаратів, що здатні фіксувати молекулярний азот з атмосфери, мобілізувати важкорозчинні фосфати ґрунту, тим самим підвищуючи ріст, розвиток та продуктивність багатьох культур [5].

Останніми роками мікробіологи пропонують для інокуляції насіння польових культур все більш чутливі, селекційно відібрані штами корисних бактерій, за допомогою яких можна підвищити продуктивність, покращити баланс азоту і фосфору, зменшити обсяги використання мінеральних добрив, оскільки витрати на їх придбання та внесення не завжди окуповуються вартістю додаткової продукції [3, 4].

Фотосинтетична продуктивність рослин визначається комплексом показників: розмі-

рами фотосинтетичного апарату і тривалістю його роботи, продуктивністю фотосинтезу, спрямованістю транспорту і метаболізму асимілятів у процесі росту і розвитку рослин, збільшенням площі листя, накопиченням сухої речовини, чистою продуктивністю фотосинтезу, фотосинтетичним потенціалом, коефіцієнтом господарчої гідності врожаю, поглинанням і використанням агроценозом сонячної радіації [1, 2].

Саме з метою вивчення можливостей підвищення врожайності, з'ясування особливостей фотосинтетичної діяльності гібридів соняшнику й було закладено польовий дослід. Під час його проведення застосували корисні ґрунтові мікробіологічні препарати азотфіксувальної та фосфатмобілізуювальної дії для передпосівної обробки насіння, додаткового обприскування вегетуючих рослин регулятором росту, а також локального внесення мінеральних добрив. Роботу виконували у співробітництві з відділом мікробіології Інституту сільського господарства Криму НААН України.

Методика та вихідний матеріал. Схема дослідження включала:

- різні за скоростиглістю гібриди: скоростиглий Кий, середньоранній Ясон, середньостиглий Зорепад;

• інокуляцію насіння мікробіологічними препаратами азотфіксуючої дії Діазофіт, КЛ-9; комплексної дії Діазофіт + Фосфоентерин порівняно з локальним внесенням $N_{15}P_{15}$ при сівбі;

• встановлення ефективності додавання регулятора росту контактено-системної дії Вимпел шляхом обприскування у фазі 4–5 пар справжніх листків із розрахунку 0,5 л/га з витратою робочого розчину 300 л/га.

До складу асоціативного азотфіксатора Діазофіт входять бактерії роду *Rhizobium* (*Agrobacterium radiobacter*), КЛ-9 ідентифіковано як флавобактерин, а до складу фосфатмобілізуючого препарату Фосфоентерин – бактерії роду *Enterobacter nitipressuralis*. Вони одержані шляхом

аналітичної селекції з агробіоценозів, безпечні для людей і тварин, не забруднюють довкілля.

Досліди проводили в ТОВ “Птахівниче” Новомосковського району Дніпропетровської області у 2011–2013 рр. на чорноземі звичайних із вмістом гумусу 4,8 %. Повторність досліду чотириразова. Облікова площа ділянки 28 м².

Технологія вирощування соняшнику в дослідках відповідала агротехнічним рекомендаціям по його вирощуванню для зони Степу. При постановці і проведенні дослідів, спостережень використовували загальноприйняті методики, рекомендації Інституту сільського господарства степової зони [3].

Попередником соняшнику була озимий

1. Вплив бактеріальних препаратів на площу листків рослин і листковий індекс різних за скоростиглістю гібридів соняшнику (середнє за 2011–2013 рр.), дм²

Варіант досліду	Фаза розвитку рослин			
	3–4 пари листків	бутонізація	цвітіння	
	площа листків, дм ²			листяний індекс, м ² /м ²
Київ				
Контроль	3,2	32,9	47,3	2,6
Діазофіт	3,5	41,7	53,5	2,7
КЛ-9	3,8	42,1	47,7	2,7
Діазофіт + Фосфоентерин	3,7	43,0	48,6	2,8
$N_{15}P_{15}$	3,7	41,2	48,9	2,8
Ясон				
Контроль	3,1	35,2	50,2	2,9
Діазофіт	3,3	39,4	57,6	3,3
КЛ-9	3,3	42,6	61,8	3,5
Діазофіт + Фосфоентерин	3,3	40,8	62,1	3,5
$N_{15}P_{15}$	3,4	40,9	60,9	3,3
Зоренд				
Контроль	3,4	37,2	62,3	3,6
Діазофіт	3,5	38,4	66,1	3,8
КЛ-9	3,5	42,6	65,0	3,7
Діазофіт + Фосфоентерин	3,5	43,7	66,2	3,8
$N_{15}P_{15}$	3,5	40,6	68,5	3,9

ма пшениця. Основний обробіток ґрунту – дискування УДА-4,5 у два сліди, пізня осіння оранка на глибину 25–27 см, борошування, культивування КПС-4. Сівбу здійснювали сівалкою ВЕГА-8 в оптимальні строки за сталого прогрівання посівного шару ґрунту до 10–12 °С (2011 р. – 3 травня, 2012–2013 р. – 5 травня).

Насіння висівали з лабораторною схожістю 97–98 %. Страхову надбавку встановлювали 70 % до передзбиральної густоти, що дало можливість сформувати задану густоту посівів (55 тис./га) за допомогою ручних проривок. Цю роботу проводили у фазі 1–2 пар листків.

Для характеристики фотосинтетичної діяльності соняшнику визначали:

1) накопичення абсолютно-сухої маси рослин в основні фази росту і розвитку. Наважку з проби сирової маси типових рослин висушували до абсолютно-сухого стану і зважували. Абсолютно-суху масу всієї проби обчислювали множенням на її сирину масу;

2) площу листків – шляхом вимірювання їх довжини та ширини і множення на коефіцієнт 0,75;

3) радіаційний режим усередині посівів виміряли балансовим методом за допомогою напівпровідникових пересувних фотоінтеграторів ФІ-1 у сонячні дні в період максимального розвитку листової поверхні. Для цього приймачі з фотоелементами встановлювали над посівом (визначали радіацію, що надходила), потім приймачем униз (ураховання радіації від посіву) і в нижній ярус посіву над поверхнею ґрунту (кількість раді-

ації, яка надійшла до поверхні ґрунту);

4) знаходження ФАР розраховували шляхом множення сумарної радіації на коефіцієнт переходу від сумарної радіації до таких самих потоків ФАР. Обчислення енергії, яка акумульована в надземній масі, виконували на основі підрахунку її калорійності.

Результати досліджень та їх обговорення. Площа листової поверхні має вирішальне значення у розвитку і формуванні насінневої продуктивності соняшнику. Цей біометричний показник є одним із критеріїв, що характеризують здатність культури поглинати сонячну радіацію і накопичувати органічну масу. У досліді площа листової поверхні значно варіювала і залежала від рівня мікробіологічного підживлення (табл. 1). Уже у фазі 3–4 пар справжніх листків даний показник підвищувався по всіх препаратах на 5–7 % і сягав ще більшої різниці між контрольними та дослідними рослинами в період найбільшого розвитку у фазі цвітіння (азотфіксуючі препарати перевищували контроль на 16–30 %). Внесення комплексу препаратів (Діазофіт + Фосфоентерин) у більшості випадків приводило до максимального значення площі листків у всіх гібридів.

Одним із резервів подальшого підвищення фотосинтетичного апарату рослин є використання більш пізньостиглих гібридів. У наших дослідіх більш пізні гібриди Ясон та Зорепад уже у фазі бутонізації наздоганяли скоростиглі гібриди за площею листків, а у фазі цвітіння впевнено випереджали їх за розміром листового апарату.

Для підвищення листового індексу

2. Коефіцієнти поглинання та пропускання ФАР різними гібридами соняшнику у фазу цвітіння залежно від бактеріальних препаратів (середнє за 2011–2012 рр.)

Варіант досліді	Гібрид*					
	Кий		Ясон		Зорепад	
	1	2	1	2	1	2
Контроль	0,75	0,14	0,78	0,13	0,81	0,11
Діазофіт	0,79	0,12	0,83	0,12	0,84	0,10
КЛ-9	0,79	0,12	0,83	0,11	0,82	0,10
Діазофіт+Фосфоентерин	0,79	0,11	0,84	0,11	0,86	0,10

*1 – коефіцієнт поглинання; 2 – коефіцієнт пропускання.

важливе значення мають не тільки фактори, які сприяють підвищенню індивідуальної площі листків, але і кількість рослин на одиниці площі. Цей показник підраховували у фазі цвітіння рослин, коли вони досягають максимального розвитку. За однакової густоти стояння рослин 57 тис./га листовий індекс досягав найбільшої величини у середньостиглого гібриду Зорепад, декілька поступався йому середньоранній Ясон і був найменшим у ранньостиглого гібриду Кий. У всіх гібридів застосування бактеріальних препаратів для інокуляції насіння також суттєво підвищувало листовий індекс, який досягав максимуму при внесенні комплексу Діазофіт + Фосфоентерин, що є необхідним елементом отримання високого врожаю культури.

Про доцільність формування більшої площі листків під впливом бактеріальних

препаратів і використання більш пізніх гібридів для повнішого поглинання енергії сонячної радіації свідчать проведені нами вимірювання радіаційного режиму всередині посіву соняшнику за допомогою пересувного фотоінтегратора ФІ-1 в фазі цвітіння (табл. 2). Інокуляція насіння мікробіологічними препаратами азотфіксувальної дії Діазофіт та КЛ-9 сприяла помітному підвищенню коефіцієнта поглинання ФАР. Максимуму він досягав за комплексної обробки насіння Діазофітом в поєднанні з Фосфоентерином. Коефіцієнт пропускання ФАР під дією мікроорганізмів, навпаки, знижувався і набував мінімального значення у разі інокуляції насіння сумішшю препаратів. Аналогічна картина спостерігалася на всіх трьох біотипах гібридів, які вивчалися. І чим пізнішим за довжиною вегетаційного періоду був гібрид, тим повніше поглинав він надходжену ФАР

3. Суха маса рослин різних за швидкістю гібридів соняшнику залежно від виду бактеріальних препаратів (середнє за 2011–2013 рр.), г

Варіант досліду	Фаза розвитку рослин		
	3–4 пари листків	бутонізація	цвітіння
К и й			
Контроль	1,9	43	127
Діазофіт	2,7	59	148
КЛ-9	2,7	63	156
Діазофіт + Фосфоентерин	2,9	76	151
N ₁₅ P ₁₅	3,2	62	150
Ясон			
Контроль	1,9	71	178
Діазофіт	3,0	78	209
КЛ-9	3,2	80	230
Діазофіт + Фосфоентерин	3,1	84	235
N ₁₅ P ₁₅	3,0	75	190
Зорепад			
Контроль	1,9	73	188
Діазофіт	2,1	77	224
КЛ-9	2,7	80	238
Діазофіт + Фосфоентерин	2,9	84	246
N ₁₅ P ₁₅	2,9	79	242

і тим більшу продуктивність мали рослини.

Характеризуючи результати всієї фотосинтетичної діяльності рослин за період вегетації, можна відзначити, що накопичення сухої речовини соняшником залежало не тільки від скоростиглості гібридів, але і від бактеріальних препаратів. Якщо у фазу 3–4 справжніх листки скоростиглий гібрид Кий випереджав інші гібриди за темпом накопичення сухої речовини, то вже в період бутонізації на перший план за даним показником виходить середньоранній гібрид Ясон, а у фазу цвітіння – середньостиглий гібрид Зорепад.

У всі фази розвитку рослин під впливом азотфіксувальних препаратів Діазофіт та КЛ-9 спостерігається суттєве підвищення сухої маси рослин. Внесення суміші бактеріальних препаратів комплексної дії Діазофіт + Фосфоентерин позитивно впливало на подальше зростання сухої речовини в соняшнику. Наприклад, у гібрида Кий у фазу цвітіння на 11,9 %, у гібрида Ясон – на 26 %, а у гібрида Зорепад – на 25,5 % сухої маси було більше проти контролю.

Обробка насіння бактеріальними препа-

ратами забезпечила достовірне підвищення врожайності по всіх гібридах (табл. 4). Так, на фоні без Вимпела по гібриду Кий приріст урожаю насіння від Діазофіту дорівнював 0,18 т/га, а по комплексу препаратів – 0,27; по гібриду Ясон – 0,23 та 0,25 т/га і по Зорепаду – 0,18 та 0,38 т/га відповідно. Приблизно таку ж саму прибавку врожаю давав другий азотфіксувальний препарат КЛ-9 по гібриду Кий, а по двох інших гібридах ефект від застосування цього препарату був достовірно високим: по гібриду Ясон – 0,23 т/га, а по Зорепаду – 0,31 т/га, що пояснюється тривалішим періодом їх вегетації і підвищеною реакцією гібридів. Внесення $N_{15}P_{15}$ при сівбі сприяло одержанню прибавки врожаю в середньому по варіантах досліді: Кий – 0,09 т/га, Ясон – 0,07 т/га, Зорепад – 0,18 т/га. За роки досліджень найвищу врожайність насіння забезпечив гібрид Зорепад і обробка насіння препаратами КЛ-9 та Діазофіт + Фосфоентерин – 2,93–3,25 т/га.

Ефективність фотосинтетичної діяльності посівів визначається співвідношенням енергії, яка надходить та поглинається посівом у період вегетації. Одним із важ-

4. Вплив біологічних препаратів на врожайність різних за скоростиглістю гібридів соняшнику (середнє за 2011–2013 рр.), т/га

Варіант досліді (А)	Гібриди (В)		
	Кий	Ясон	Зорепад
Оброблено Вимпелом, 0,5 л/га (С)			
Контроль	2,24	2,31	2,65
Діазофіт	2,48	2,47	2,85
КЛ-9	2,45	2,55	3,25
Діазофіт + Фосфоентерин	2,52	2,63	3,12
$N_{15}P_{15}$	2,45	2,54	3,24
Без Вимпела (С)			
Контроль	2,17	2,25	2,62
Діазофіт	2,35	2,48	2,80
КЛ-9	2,39	2,48	2,93
Діазофіт + Фосфоентерин	2,44	2,50	3,00
$N_{15}P_{15}$	2,33	2,45	2,84
НІР ₀₅ , т/га – для бактеріальних препаратів (А) – 0,05–0,07; для гібрида (В) – 0,04–0,05; для регулятора росту (С) – 0,02–0,03; для взаємодії (АВС) – 0,01–0,02.			

5. Коефіцієнт використання ФАР посівами різних гібридів сонояшнику залежно від біологічних препаратів, %

Варіант досліджу	Гібрид					
	Кий		Ясон		Зорепад	
	без Вимпела	Вим- пел	без Вимпела	Вим- пел	без Вимпела	Вим- пел
2011 рік						
Контроль	1,70	1,87	2,02	2,25	2,32	2,50
N ₁₅ P ₁₅	2,01	-	2,30	-	2,58	-
Діазофіт	2,05	-	2,32	-	2,84	-
КЛ-9	1,98	-	2,25	-	2,78	-
Діазофіт + Фосфоентерин	2,21	2,31	2,46	2,3	2,95	2,90
2012 рік						
Контроль	1,52	1,70	1,68	1,88	1,79	1,98
N ₁₅ P ₁₅	1,77	-	1,90	-	2,11	-
Діазофіт	1,78	-	1,89	-	2,08	-
КЛ-9	1,74	-	1,85	-	2,10	-
Діазофіт + Фосфоентерин	1,92	2,06	1,95	2,23	2,27	2,41

ливих критеріїв оцінки досягнутих рівнів продуктивності культури і прийомів підвищення фотосинтезу є показник ККД ФАР [2]. Покращення умов вирощування сонояшнику, як свідчать дані нашого дослідження застосуванням мікробіологічних препаратів та регуляторів росту виявляє значний вплив на величину ККД фотосинтезу посівів (табл. 5). Цей показник істотно підвищується вже при обробці насіння лише азотфіксувальними препаратами Діазофіт і КЛ-9 і досягає приблизно такого ж самого рівня, як і за локального припосівного внесення обмеженої дози мінеральних добрив N₁₅P₁₅. Ще більшою величиною коефіцієнта корисної дії фотосинтезу за вегетацію стає у разі інокуляції насіння біокомплексом мікробіологічних препаратів подвійної дії Діазофіт + Фосфоентерин по всіх гібридах.

Підкреслимо, що навіть у посушливих умовах північного Степу найвищим коефіцієнтом корисної дії ФАР відрізнявся гібрид Зорепад; цей факт пояснюється різницею у величині листового індексу, особливо в більш сприятливому за опадами 2011 році.

Ефективним прийомом підвищення кое-

фіцієнта корисної дії фотосинтезу виявилось обприскування вегетуючих рослин сонояшнику регулятором росту Вимпел на всіх фонах вирощування, особливо результативним у поєднанні з інокуляцією насіння сумішшю бактеріальних препаратів Діазофіт + Фосфоентерин (табл. 5).

Відзначимо, що досліджуваний регулятор росту рослин Вимпел, стимулюючи розвиток і активність діазотрофів, не порушує природно сформованого співвідношення в ценозі азотфіксувальних бактерій. Цим забезпечується змішана аутобактерізація рослини.

Який механізм стимуляції процесу азотфіксації ми можемо припускати за допомогою PPP? По-перше, застосування регуляторів росту сприяє активному розвитку кореневої системи, що відповідно збільшує загальну чисельність асоціативних діазотрофів на коренях; по-друге, підвищується питома чисельність діазотрофів у рослин. Посилення процесу азотфіксації спонукається активністю фотосинтезу і більш жвавим відтоком асимілятів у кореневу зону. Регулятори росту вигідні не тільки економічно, але й екологічно, оскільки процес азотфіксації від-

бувається тільки за браку зв'язаного азоту, внаслідок чого припиняється накопичення в рослинах нітратів та нітритів.

Умовою максимального поглинання енергії сонячної радіації за високого коефіцієнта її засвоєння є оптимальна структура посіву [2–4].

Додаткове вивчення можливостей підвищення використання ФАР на прикладі середньостиглого гібриду Зорепад у нашому досліді показало, що структура посіву, зокрема звуження міжрядь до 35 см при густоті 52 тис./га, підвищувало ККД фотосинтезу до 2,57 % проти 2,08–2,11 % на посіві з міжряд-

дями 70 см. А звуження міжряддя за густоти 75 тис./га підвищувало коефіцієнт використання ФАР до 2,67 %.

Таким чином, поліпшення умов вирощування шляхом використання мікробіологічних інокулянтів і обприскування рослин соняшнику регулятором росту Вимпел (0,5 л/га) у фазі 3–4 пар листків, а також застосування більш пізніх гібридів, реконструкція структури посівів у бік звуження міжрядь підвищують рівень основних показників фотосинтетичної діяльності, що сприяє збільшенню кількості ФАР, яка акумульована в біологічному врожаї.

Висновки

Правильне застосування бактеріальних препаратів на основі ризобактерій шляхом обробки насіння в поєднанні з обприскуванням рослин регуляторами росту, як одного з елементів біологічного рослинництва в технології вирощування соняшнику, дозволить суттєво знизити хімічне навантаження на екосистему в результаті зменшення кількості міне-

ральних добрив, підвищити врожайність і одержати екологічно чисту продукцію.

Нині, у період економічної кризи, використання бактеріальних препаратів Діазофіт, КЛ-9, Діазофіт + Фосфоентерин та регулятора росту Вимпел можна вважати одним із найдешевших, екологічно чистих засобів підвищення врожайності насіння соняшнику на 0,15–0,44 т/га.

Бібліографія

1. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А.А. Ничипорович. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – С. 135.
2. Ничипорович А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений / А.А. Ничипорович // Теоретические основы повышения продуктивности растений. – М., 1974. – Т. 3. – С. 11–54.
3. Дьяков А.Б. Чистая продуктивность фотосинтеза и площадь листовой поверхности различающихся по густоте посевов

- подсолнечника / А.Б. Дьяков // Бюлетень ВНИИМ кукурузы. – 1988. – Вып. 4(103). – С. 42–46.
4. Дьяков А.Б. Подсолнечник / А.Б. Дьяков // Частная физиология полевых культур. – М.: КолосС, 2005. – С. 177–212.
5. Моргун В.В. Ростостимулирующие ризобактерии и их практическое применение / В.В. Моргун, С.Я. Коць, Е.В. Кириченко // Физиология и биохимия культурных растений – 2009. – Т. 41. – № 3. – С. 187–207.

Рецензенти – доктори сільськогосподарських наук,
професори Г.Л. Філіпов, О.П. Якунін