

УДК 633.854.78: 581.132
© 2017

В.М. СЕНДЕЦЬКИЙ,
кандидат сільськогосподарських наук

Прикарпатська державна
сільськогосподарська дослідна станція
ІСГ КР НААНУ
E-mail: vermos2011@ukr.net
вул. Степана Бандери, 21а, м. Івано-Франківськ

ОСОБЛИВОСТІ
ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ
ДІЯЛЬНОСТІ
ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ
ЗАЛЕЖНО ВІД
ЗАСТОСУВАННЯ СОЛОМИ
ТА СИДЕРАТИВ В УМОВАХ
ЛІСОСТЕПУ ЗАХІДНОГО

Встановлено, що поліпшення умов живлення рослин досліджуваного гібрида кукурудзи НК Термо иляхом використання соломи сумісно з посівом сидератів підвищувало рівень основних показників фотосинтетичної діяльності, що сприяло збільшенню кількості ФАР, яка акумульована в біологічному врожаї. Результатами досліджень доведено, що деструкція соломи препаратом Вермистим-Д (6 л/га) і сівба суміші сидератів (гірчиця біла, 6 кг/га + редька олійна, 10 кг/га) підвищують фотосинтетичний потенціал посівів гібрида Термо в міжфазні періоди: сходи – 6–8 листків – на 0,031 млн м²·днів/га; 6–8 листків – викидання волотей на 0,075 млн м²·днів/га; викидання волотей – воскова стиглість на 0,505 млн м²·днів/га порівняно з контролем. Від сходів до воскової стиглості фотосинтетичний потенціал посівів був вищим, ніж у контролі на 0,614 млн м²·днів/га. Найбільш високі показники фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи відмічалися в період викидання волоті–воскова стиглість.

Ключові слова: кукурудза, гібриди, солома, сидерати, фотосинтез, урожайність.

Актуальність досліджень. Кукурудза – одна з основних культур сучасного світового землеробства, що обумовлено її широким використанням і високою врожайністю. Завдяки вигідному географічному розташуванню та сприятливим природно-кліматичним умовам в Україні існують об'єктивні умови для вирощування цієї культури, адже вона є важливою складовою всього зернового господарства України. За останні роки врожайність кукурудзи значно зросла, однак потенціальні можливості сортів і гібридів, які занесені до Державного реєстру, становлять 10–15 т/га, тобто використовуються лише на 40–50 %.

Серед важливих ресурсів підвищення врожайності сільськогосподарських культур, у тому числі й кукурудзи, та поліпшення родючості ґрунтів можна назвати органічні добрива, завдяки яким традиційно задо-

вольнялося від 30 до 50 % потреб рослин у живленні. Однак за останні 20–25 років унаслідок катастрофічного зменшення поголів'я тваринництва в Україні зменшилося внесення добрив з 9,6 т/га в 1990 році до однієї тонни в 2015–2016 рр., тому й зростає роль використання інших джерел органічних речовин, зокрема соломи і рослинних решток та сидератів [1, 2, 5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ефективним заходом забезпечення ґрунту органічними речовинами в першу чергу вважають внесення підстилкового гною. Проте нинішній стан тваринництва в Україні не дозволяє розглядати це джерело вуглецю як основне в розв'язанні проблеми поліпшення родючості ґрунтів. Із цих самих міркувань практично виключеними із надійних джерел постачання органічних речовин до ґрунту агроценозів виявилися багаторічні трави.

Зважаючи на те, що традиційні ресурси органічної сировини в Україні недостатні для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу, максимальне використання органічної маси рослинних решток, побічної продукції рослинництва і сидератів сьогодні стали ефективним резервом забезпечення ґрунту органічними речовинами. Саме рослинні рештки – стерня, солома та інша вторинна продукція землеробства – є незамінним матеріалом для ґрунтоутворення з накопиченням гумусу і необхідних поживних речовин для живлення рослин та ґрунтових мікроорганізмів, оскільки мікрофлора ґрунту відіграє основну роль у формуванні його як живої екосистеми.

Значний внесок у розроблення теоретичних та практичних засад використання сидератів і побічної продукції для поліпшення родючості ґрунтів зробили Є.К. Алексєєв, О.М. Бердніков, А.Д. Балаєв, К.І. Довбан, І.А. Шувар, І.П. Мельник, С.В. Вітвіцький та ін. [1–5, 11].

Крім органічних речовин, за розрахунками І.А. Шуvara, К.І. Довбана та ін. [4, 11], унаслідок загорання соломи зернових до ґрунту надійде (у середньому по країні), кг/га: азоту – 15–20, фосфору 8–10, калію – 30–40. Близькими до них є також показники, обґрунтовані А. Балаєвим із співавторами [2]. Водночас до ґрунту повертаються важливі мікроелементи: бор, мідь, марганець, молібден, цинк та ін. [2, 3].

Висока швидкість мінералізації свіжої сидеральної маси забезпечує ґрунтові мікроорганізми вуглецем. При цьому в ґрунті зберігаються запаси гумусу, але обмежується перебіг процесів його синтезу. Це пояснюється відсутністю в сидеральній масі достатньої кількості лігніну й окремих ароматичних сполук (субстратних попередників гумусу). Особливо низьким є вміст зазначених речовин за використання культур на сидерат до настання у них фази цвітіння. Фактично при цьому сидерація активно впливає на ефективну родючість ґрунту, забезпечуючи підвищення врожайності лише першої після застосування культури. Тому для оптимізації процесів синтезу гумусу (і, відповідно, підсилення потенційної родючості) перспек-

тивним є внесення рослинних решток, у т. ч. подрібненої соломи, з компенсацією на азот із подальшим вирощуванням культури на сидерат. За цих умов активізується розвиток мікроорганізмів і відбувається забезпечення їх субстратом для синтезу гумусових сполук, тобто формується як ефективна, так і потенційна родючість ґрунту [1, 4]. Крім позитивного впливу на фізико-біологічні властивості ґрунтів, сидерати акумулюють до 180 кг/га азоту, уберігаючи його від вимивання та денітрифікації [4].

З точки зору економіки господарювання, використання соломи зернових культур на добриво є, порівняно з іншими органічними добривами, недорогим заходом [1, 5].

Аналізуючи сучасні публікації, можна зробити висновок, що застосування соломи сумісно зі сидератами в технології вирощування кукурудзи має безпосередній вплив на інтенсивність фотосинтезу, створюючи тим самим передумови для прискорення росту, розвитку рослин кукурудзи та підвищення врожаю [4, 5, 11].

Як повідомляє А.О. Ничипоровича, майже 95 % сухої речовини рослини формують за рахунок фотосинтезу [9]. В.В. Лихочвором встановлено, що утворення сухих речовин залежить від розміру листової поверхні, тривалості її функціонування та чистої продуктивності фотосинтезу [8]. Починаючи з періоду формування зернівки, приріст сухої маси зерна, крім фотосинтезу листків, стебла, відбувається і за рахунок мобілізації раніше створених органічних речовин цими органами. Внаслідок цього перерозподілу загальний приріст сухих речовин зменшується [6, 7].

Підвищення фотосинтетичної продуктивності і збільшення біологічного врожаю посівів сільськогосподарських культур означає, з енергетичного боку, збільшення коефіцієнта використання сонячної радіації на фотосинтез у середньому за весь період вегетації.

Фотосинтетична діяльність посівів є переважальною в перший період формування врожаю. З переходом рослин до періоду росту репродуктивних органів значення фотосинтезу постійно зменшується і переважальними стають процеси, пов'язані з формуванням репродуктивних органів та перероз-

поділом пластичних речовин між окремими органами рослин.

Коефіцієнт використання сонячного опромінення сільськогосподарськими рослинами наближений до 1 % річної радіації. Проте при цьому важлива не лише величина поглинання цієї радіації посівами, але й її використання, так як поглинання радіації посівами рослин в деяких умовах викликає депресію фотосинтезу аж до повного його припинення і виділення вуглекислоти на світлі. Тому необхідно досягти збільшення обох величин.

Раціональне кореневе живлення, тобто необхідна кількість сполук основних елементів мінерального живлення (N, P, K) та їх співвідношення, є також важливим чинником для високої інтенсивності фотосинтезу.

Фотосинтетичний апарат рослин не залишається однаковим, а змінюється в часі, і його активність з віком зменшується. Комплекси заходів, що можуть уповільнити старіння рослин і подовжити життєдіяльність листового апарату, сьогодні є важливим завданням у розробці технологій вирощування сільськогосподарських культур [6, 7, 9].

Для пришвидшеного розкладання соломи озимих та ярих культур одним із нових напрямів розвитку сучасного землеробства є використання біологічних препаратів (мікробних деструкторів). При їх застосуванні природний процес розкладання клітковини живими організмами супроводжується збільшенням чисельності корисних ґрунтових мікроорганізмів, активізацією їх життєдіяльності і придушенням патогенної мікрофлори. Разом з поліпшенням родючості ґрунту відбувається і його оздоровлення.

На ринку України з'явилася низка деструкторів з різною ефективністю розкладання рослинних решток. Наприклад: ферментативні препарати хімічного розкладання целюлози короткочасної дії; біологічні препарати на основі живих мікроорганізмів і продуктів їх життєдіяльності, гормонів, ферментів. Серед представлених на ринку деструкторів чільне місце займають Вермистим-Д (ПП "Біоконверсія"), біодеструктор Екостерн ("БТУ-Центр", Україна), деструктори ЕМ-1, Агрогуматґрунт, Цеоліт "Екосолома" та ін. [2, 10, 11]. Однак дослі-

джен з визначення впливу сумісного застосування соломи та сидератів на фотосинтетичну діяльність посівів кукурудзи в умовах Лісостепу Західного виконано недостатньо.

Мета досліджень – з'ясувати особливості фотосинтетичної діяльності рослин кукурудзи гібрида НК Термо за сумісного застосування соломи і сидерату.

Методи досліджень. Роботу виконано протягом 2014–2016 рр. на дослідному полі філіалу кафедри рослинництва та селекції Подільського державного аграрно-технічного університету в ПФ "Богдан і К" Снятинського району Івано-Франківської області, яке знаходиться в західній частині Лісостепу. Ґрунт на дослідній ділянці дерновий опідзолений середньосуглинковий. Орний шар його характеризується такими агрохімічними показниками: уміст лужногідролізованого азоту – 67–76 мг/кг; рухомого фосфору – 16–23 мг/кг; обмінного калію – 53–58 мг/кг; рНсол – 4,8–4,2; уміст гумусу – 3,0–3,05 %.

Погодні умови в роки дослідження відрізнялися між собою, що дало змогу оцінити вплив сумісного застосування соломи зернових і сидерату в технології вирощування зерна кукурудзи.

Для деструкції соломи і рослинних решток використовували біопрепарат Вермистим-Д (6 л/га) виробництва ПП "Біоконверсія". В усіх варіантах, де застосовували деструкцію соломи, до бакової суміші додавали 10 кг/га карбаміду. Висівали гібрид кукурудзи НК Термо нормою висіву 80 тис./га схожих насінин. Агротехніка вирощування культури – загальноприйнята для умов даної зони. Методи дослідження – польові, лабораторні, математично-статистичні, порівняльно-розрахункові [4, 12].

Результати дослідження та їх обговорення. Серед факторів, що визначають рівень продуктивності посівів кукурудзи, важлива роль належить асиміляційній діяльності. Застосування соломи сумісно зі сидератами значно підвищило рівень основних показників фотосинтетичної діяльності посівів кукурудзи. Одержані протягом трьох років досліджень дані свідчать про те, що рослини кукурудзи досліджуваних гібридів за різних видів сидерації в цілому мали нео-

днакову облистяність відповідно до строків спостережень. Підвищеною облистяністю характеризувалися, перш за все, рослини на агрофоні деструкції соломи та суміші сидератів гірчиці білої й редьки олійної. Облистяність рослин кукурудзи у цьому варіанті на першому етапі росту і розвитку дещо вигідніше відрізнялася від такого показника рослин на інших варіантах сидерації.

Помітно меншою була облистяність кукурудзи на контрольному варіанті (кореневі та стерньові рештки пшениці озимої). Така залежність у рослин цих варіантів зберігалася протягом усього періоду вегетації рослин.

Більша кількість життєздатного листя на рослинах кукурудзи формувалась і мала подовжений активний період фізіологічної активності у варіантах, де як сидерат ґрунту використовували негуміфіковану масу зелених рослин сумісно зі соломою за деструкції її біопрепаратом Вермистим-Д.

Такий характер облистяності рослин кукурудзи за сидерації пояснюється впливом органічної маси соломи та сидератів, що розкладали мікроорганізмами протягом усього періоду її вегетації, покращеними водно-фізичними ґрунтовими умовами та спеціальним впливом фізіологічно активних речовин використаних сидератів.

Досліджувана динаміка формування листової поверхні рослин кукурудзи, у зв'язку з умовами їх росту і розвитку, що вивчалися, була підпорядкована встановленими нами закономірностям. У перші 2–3 тижні від початку вегетації нарощування листового апарату відбувається повільно і становить лише 8–15 %, а до фази 6–8 листків їх площа помітно збільшується, досягаючи 55–70 % максимальної маси, що настає у фазу викидання волоті. Як і у хлібів першої групи (пшениці, жита, ячменю), так і в кукурудзи чітко виявилось зниження значимості листя верхнього ярусу в формуванні врожаю сухих речовин. Листя нижнього ярусу на період формування зерна фізіологічно старіє, починає відмирати і перестає істотно впливати на формування врожаю. Така загальна закономірність встановлена в результаті проведення дослідів в ценозах кукурудзи за умов деструкції соломи препаратом Вермистим-Д та сидерації. Сумісне застосування соломи зі сидератами значно впливало на формування асиміляційної площі кукурудзи гібриду НК Термо (табл. 1).

Величина асимілюючої поверхні листків кукурудзи до фази молочної стиглості зерна відносно максимального функціонування у фазу викидання чоловічого суцвіття зменши-

1. Формування асиміляційної площі кукурудзи гібрида НК Термо залежно від застосування соломи та сидератів (середнє за 2013–2015 рр.)

Варіант	Фаза розвитку кукурудзи			
	6–8 листків	викидання волоті	молочна стиглість	воскова стиглість
Зароблення соломи без деструкції і без сівби сидерату (контроль)	8,25	26,70	38,25	33,05
Деструкція соломи Вермистим-Д (6 л/га) без сівби сидерату	8,54	30,35	43,36	39,12
Деструкція соломи Вермистим-Д (6 л/га) + сівба сидерату (гірчиця біла, 12 кг/га)	8,62	31,26	46,80	41,03
Деструкція соломи Вермистим-Д (6 л/га) + сівба сидерату (редька олійна, 20 кг/га)	8,91	31,48	47,17	41,76
Деструкція соломи Вермистим-Д (6 л/га) + сівба сидерату (гірчиця біла, 6 кг/га + редька олійна, 10 кг/га)	9,04	32,82	47,48	41,87

лася, проте знаходилась у повній залежності від кількості органічної маси (соломи і сидератів), заробленої в ґрунт в осінній період.

Помітний позитивний вплив і на наростання листкової асимілюючої поверхні, і на можливість більш подовженого її функціонування проявила використана солома, де проводили її деструкцію препаратом Вермистим-Д сумісно зі сівбою сидератів, особливо у варіанті суміші редьки олійної та гірчиці білої. Листкова поверхня рослин кукурудзи тут помітно була більшою відносно контрольного варіанта; різниця становила у фазу викидання волоті 6,12 тис. м²/га та у фазу молочної стиглості – 9,23 тис. м²/га. Аналогічна залежність цього показника розвитку рослин кукурудзи зберігалась й до фази молочної стиглості зерна.

Нарощування та перехід до активного функціонування листкової поверхні кукурудзи в сформованих ценозах дослідів значною мірою перебували під впливом сумісного використання соломи та сидерації.

Для об'єктивної оцінки функціонування асимілюючої поверхні посівів недостатньо вивчити формування лише її площі, потрібно ще й враховувати час, протягом якого сформована площа листкової поверхні посівів, яка брала активну участь в процесі фотосин-

тезу. Таким показником, який враховує площу листкової поверхні та тривалість її роботи, є фотосинтетичний потенціал.

А.А. Ничипорович стверджує, що задовільними вважаються посіви, фотосинтетичний потенціал яких становить не менше 2 млн м²·днів/га з розрахунку на кожні 100 днів фактичної вегетації. Посів, який вегетував 80 днів, має характеризуватися фотосинтетичним потенціалом не менш ніж 1,6 млн м²·днів/га, а вегетувавши 120 днів – не менше 2,5 млн м²·днів/га. Посіви з фотосинтетичним потенціалом 2,2–3,0 млн м²·днів/га мають утворювати 12–18 т/га сухої біомаси. Такі посіви оцінюються як добрі. За фотосинтетичного потенціалу 1,0–1,5 млн м²·днів/га і накопичення 5–6 т/га сухої біомаси вважаються середніми, за фотосинтетичного потенціалу 0,5–0,7 млн м²·днів/га та продуктивності 2,5–3 т/га сухої біомаси – поганими [9].

Проведеними нами дослідженнями встановлено, що сумісне внесення соломи і сидератів під кукурудзу гібридів значно впливає на формування фотосинтетичного потенціалу посівів. Динаміка формування фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи гібрида НК Термо за сумісного застосування соломи і сидератів показана в табл. 2.

2. Фотосинтетичний потенціал посівів кукурудзи гібриду НК Термо залежно від застосування соломи та сидератів (середнє за 2013–2015 рр.), млн м²·днів/га

Варіант	Фаза розвитку кукурудзи			
	сходи – 6–8 листків	6–8 листків – викидання волоті	воскова стиглість	сходи – воскова стиглість
Зароблення соломи без деструкції і без сівби сидерату (контроль)	0,116	0,457	1,712	2,285
Деструкція соломи Вермистим-Д (6 л/га) без сівби сидерату	0,128	0,475	1,983	2,586
Деструкція соломи Вермистим-Д (6 л/га) + сівба сидерату (гірчиця біла, 12 кг/га)	0,139	0,442	2,095	2,676
Деструкція соломи Вермистим-Д (6 л/га) + сівба сидерату (редька олійна, 20 кг/га)	0,142	0,513	2,164	2,819
Деструкція соломи Вермистим-Д (6 л/га) + сівба сидерату (гірчиця біла, 6 кг/га + редька олійна, 10 кг/га)	0,147	0,532	2,217	2,896

На варіанті, де проводили деструкцію соломи препаратом Вермистим-Д (6 л/га) та сівбу суміші сидератів (гірчиця біла, 6 кг/га + редька олійна, 10 кг/га) спостерігалося збільшення фотосинтетичного потенціалу посівів гібрида Термо в міжфазні періоди: сходив – 6–8 листків – на 0,031 млн м²·днів/га, 6–8 листків – викидання волотей на 0,075 млн м²·днів/га, викидання волотей–воскова стиглість – на 0,505 млн м²·днів/га порівняно з контролем. Від сходів до воскової стиглості фотосинтетичний потенціал посівів був більшим, ніж у контролі, на 0,614 млн м²·днів/га. Найвищі значення показників фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи реєстрували в період викидання волотей–воскова стиглість.

Таким чином, кращими за фотосинтетичним потенціалом в умовах Лісостепу Західного були посіви кукурудзи на зерно, де проводили деструкцію соломи препаратом Вермистим-Д (6 л/га) і сівбу суміші сидератів (гірчиця біла, 6 кг/га + редька олійна, 10 кг/га).

Представлені дані ростових процесів гібридів кукурудзи з використанням соломи зі сидерацією, по-перше, показують фізіологічний стан рослин у цілому. По-друге, цей стан дозволяє оцінити можливості формування основних органів рослин та їх морфологічну структуру. До того ж через ростові процеси виявляється вплив умов середовища на морфогенез рослин та їх фенотипічну мінливість.

Висновки

Покращення фотосинтетичної діяльності рослин кукурудзи досліджуваних гібридів за сумісного використання соломи і сидератів забезпечує підвищення врожайності кукурудзи. За роки досліджень отримано 11,5 т/га зерна кукурудзи гібрида НК Термо, що на 3,1 т/га більше порівняно з контролем.

Сумісне застосування соломи і сидератів протягом усього вегетаційного періоду впливає на ріст і розвиток рослин кукурудзи, зо-

крема, підвищує енергію і схожість насіння, збільшує густоту стояння рослин, сприяє їх збереженню, зменшує тривалість як окремих міжфазних періодів, так і всієї вегетації, покращує основні показники фотосинтетичної діяльності рослин кукурудзи: асиміляційну площу рослин, формування фотосинтетичного потенціалу та ін. Усе це позитивно проявляється на підвищенні зернової продуктивності досліджуваних гібридів кукурудзи.

Бібліографія

1. Алексеев Е.К. Зеленые удобрения / Е.К. Алексеев, В.С. Рубанов, К.И. Довбан. – Минск: Ураджай, 1970. – 197 с.
2. Балаєв А.Д. Використання соломи у відновленні родючості ґрунтів / А.Д. Балаєв, О.В. Піковська. – К.: “ЦП Компрінт”, 2016. – 244 с.
3. Вітвіцький С.В. Гуміфікація рослинних решток і гною в чорноземах Лісостепу та Степу України: монографія / С.В. Вітвіцький. – К., 2016. – 281 с.
4. Довбан К.И. Зеленое удобрение в современном земледелии / К.И. Довбан. – Минск: Белорусская наука, 2009. – 404 с.
5. Москаленко А.М. Економічна ефективність застосування соломи і сидератів для підвищення родючості ґрунту / А.М. Москаленко // Вісник Харківського НАУ ім. В.В. Докучаєва. – 2013. – № 11. – С. 172–184.
6. Єременко Л.С. Особливості фотосинтезу різних за швидкістю гібридів кукурудзи / Л.С. Єременко // Бюлетень Інституту зернового господарства УААН. – Дніпропетровськ, 2002. – № 18–19. – С. 91–93.
7. Куперман Ф.М. Физиология кукурузы / Ф.М. Куперман, С.С. Андриенко. – М.: Изд-во МГУ, 1959. – 186 с.
8. Лихочвор В.В. Рослинництво / В.В. Лихочвор. – К.: Центр навчальної літератури. – 2004. 210 с.
9. Ничипорович А.А. Фотосинтез и вопросы интенсификации сельского хозяйства / А.А. Ничипорович. – М., 1965. – 47 с.
10. Солома та інші пожнивні рештки – органічне добриво для підвищення родючості ґрунтів: монографія / [В.М. Сендецький, О.В. Тимофійчук, В.С. Гнидюк, О.М. Бунчак та ін.]. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2014. – 92 с.
11. Сидерати в сучасному землеробстві / [І.А. Шувар, О.М. Бердніков, В.М. Сендецький, Л.В. Центило, О.М. Бунчак]. – Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2015. – 156 с.
12. Методические рекомендации по проведению полевых опытов с кукурузой / Под общ. ред. Д.С. Филеева, В.С. Цикова, В.И. Золотова. – Днепропетровск, 1980. – 54 с.