

УТИЛІЗАЦІЯ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ЗА УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР З ВИКОРИСТАННЯМ БІОСТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ

*Л.А. Анішин, кандидат сільськогосподарських наук
Інститут водних проблем і меліорації НААН України*

*З.М. Грицаєнко, доктор сільськогосподарських наук
Уманський національний університет садівництва*

*С.П. Пономаренко, доктор біологічних наук
Державне підприємство «Міжвідомчий
науково-технологічний центр «Агробіотех» НАН України
та Міністерство освіти і науки України*

*І.П. Григорюк, доктор біологічних наук, член-кор. НАН України
Національний університет біоресурсів
і природокористування України*

*О.І. Серга, кандидат біологічних наук
Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

Встановлено, що найменшу кількість вуглекислого газу від застосування біостимуляторів росту «Радостим», «Біолан» і «Емістим С» акумулюють рослини ярого ячменю, найбільшу – озимої пшениці. Їх використання спричиняє підвищення гумусу в ґрунті, хлорофілу, площі листового апарату та активності ферменту каталази в листках ярої пшениці у фазах виходу в трубку та колосіння.

Зернові культури, вуглець, врожай, біомаса, хлорофіл, площа листового апарату, біостимулятори росту рослин.

За оцінками експертів, внесок світового сільського господарства становить до 20 % загального обсягу викидів парникових газів, які включають 50 % метану, 75 – азоту та 5 % вуглекислого газу. Поряд з цим, ще 14 % загальних викидів вуглекислого газу припадає на землекористування [14]. Зокрема, у Національному кадастрі антропогенних викидів парникових газів [5] зазначено, що оптимальний рівень акумуляції вуглекислого газу відбувається за рахунок приросту біомаси лісу, а найзначніші втрати з ріллі. Боротьба за збереження лісів зменшує рівень вуглекислого газу, деградацію земель і втрату біорізноманіття. Удосконалення практики ведення сільського господарства спричиняє зменшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері внаслідок господарської діяльності людини та збільшення приросту біомаси рослин. Очікують, що в перспективі технології вирощування сільськогосподарських культур будуть відігравати важливу роль, оскільки вуглекислий газ в атмосфері можна перетворювати у рослинну біомасу, яка складається переважно з вуглецю. Підраховано, що в Україні площа ріллі становить 33 млн га, тобто 50 % наявної території (60,4 млн га). Стає очевидним, що внаслідок вирощування сільськогосподарських культур буде зростати рівень накопичення вуглекислого газу в органічній масі.

На порозі третього тисячоліття світова наука збагатилася найновішими технологіями. Так, створено українські біостимулятори росту (БСР) нового покоління, які протидіють екологічному дисбалансу у рослинництві. Крім того, у сучасних інтенсивних технологіях вирощування польових культур надзвичайно вагоме значення має застосування екологічно безпечних і дешевих БСР для регуляції процесів росту й розвитку, підвищення стійкості рослин проти посухи, високих температур, засолення, вилягання, хвороб тощо. Встановлено, що використання БСР зумовлює зростання продуктивності сільськогосподарських культур у середньому на 14 – 15 % [9]. За даними науково-виробничих дослідів використання БСР спричиняє високу окупність витрат завдяки приростам врожаю зернових та інших культур [1].

Сприятливі природно-кліматичні умови і висока родючість ґрунтів України уможливають отримувати високоякісне продовольче зерно в обсягах, які достатні для забезпечення внутрішніх потреб та формування експортного потенціалу. В Україні запроваджено структуру посівних площ [7]. Під зернові і зернобобові культури у 2012 р. відведено 15565, 2 тис. га або 57, 2 % усієї посівної площі, технічні – 27,0 (7549,7 тис. га), кормові – 8,5%, що становить 2348,6 тис. га, а картоплю, овочеві та баштанні – 7,3% або більше 2 млн. га.

Доведено, що між атмосферою і наземними екосистемами відбуваються значні коливання вуглекислого газу через функціонування процесів фотосинтезу та дихання. Майже половина вуглекислого газу, що поглинається рослинами, витрачається на процеси дихання і повертається до атмосфери. Інша частина бере участь у формуванні надземної і підземної біомаси та мертвої органічної речовини. У процесі фотосинтезу трансформація вуглекислого газу відбувається з участю біологічних систем, головними складовими частинами яких є АТФ, НАДН і H_2O , що містяться в тилакоїдах мембран хлоропластів, у результаті в листках рослин утворюються вуглеводи, органічні кислоти та інші запасні енергетичні речовини (рис. 1).

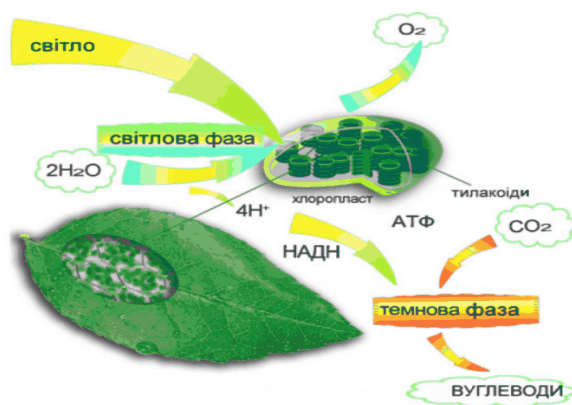


Рис. 1. Шляхи фотосинтетичної трансформації вуглекислого газу в рослинах

Антропогенна діяльність (ззелінення, внесення добрив, меліорація, лісозаготівля) спричиняє порушення функціонування агроєкосистем, у тому числі і потоків парникових газів – фотосинтез, відмирання й розкладання біомаси та формування органічної речовини. Водночас, частина відмерлої органіки швидко розкладається мікроорганізмами і повертається у вигляді

вуглекислого газу в атмосферу, а інша як гумус може зберігатися певний час. Однак за умов інтенсивного землеробства проходить деградація і дегуміфікація ґрунтів [4], які мінералізують гумус та вивільнюють двоокис вуглецю. За окультурення, навпаки, прослідковується нагромадження вмісту гумусу в ґрунтах.

Мета досліджень – оцінка рівня накопичення C-CO₂ в атмосфері і ефективності застосування на площі вирощування зернових культур БСР (середня площа збору зернових культур в Україні за останні п'ять років становить 14,7 млн га).

Матеріали та методика досліджень. Ефективність впливу препаратів «Біолан», «Радостим» і «Емістим С» на продуктивність сільськогосподарських культур досліджували впродовж 2008-2012 рр. на базі науково-дослідних установ НААН, які розташовані в зонах Полісся, Лісостепу та Північного степу України.

1. Кіровоградський інститут АПВ (нині Кіровоградська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту сільського господарства степової зони НААН України). Ґрунт – чорнозем звичайний середньосуглинковий.

2. Подільська сільськогосподарська дослідна станція Тернопільського інституту АПВ (нині Тернопільська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН України). Ґрунт – чорнозем глибокий малогумусний.

3. Чернігівський інститут АПВ (нині Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України). Ґрунт – дерново-середньопідзолистий супіщаний.

4. Полтавський інститут АПВ ім. М.І. Вавилова (нині Полтавська державна сільськогосподарська дослідна станція ім. М.І. Вавилова Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН України). Ґрунт – чорнозем типовий малогумусний важкосуглинковий.

5. Смілянське і Драбівське дослідні поля Черкаського інституту АПВ (нині Черкаська державна сільськогосподарська станція ННЦ «Інститут землеробства НААН України»). Ґрунт – чорнозем реградований середньосуглинковий, глибокий малогумусний.

Координатором науково-дослідних робіт був Відділ агроресурсів Інституту водних проблем і меліорації НААН України (Анішин Л.А.). Польові досліді проводили на посівах рослин озимої та ярої пшениці, ярого ячменю, гречки, кукурудзи, сої, соняшнику, озимого і ярого ріпаку, цукрових буряків та картоплі.

Методика і схеми польових дослідів були спільними для наукових установ-виконавців. Ефективність полікомпонентних БСР вивчали окремо й в поєднанні з добривами, засобами захисту рослин, біопрепаратами азотфіксувальної та фосфатмобілізувальної дії. Розрахунок накопичення кількості вуглекислого газу під час вирощування зернових культур із застосуванням БСР проводили на підставі:

- врожайності і зібраної площі зернових культур за 2008-2012 рр., за даними Державної статистичної служби України [8];

- виходу соломи, пожнивних решток і коренів із зернових культур згідно з рівняннями регресії [3], які наведено для низького й високого рівня

врожайності, оскільки залежність кількості рослинних залишків не завжди прямолінійна від збільшення врожаю;

- розрахунку виходу сухої речовини з отриманої маси [3];
- розрахунку вмісту вуглецю в масі побічної продукції, стерні і коренях з перерахунком у вуглекислий газ (коефіцієнт 3,7);
- розрахунку кількості гумусу, який утворився як резервуар вуглецю, залежно від рівня надходження у ґрунт соломи, побічної продукції та маси кореневої системи рослин [6].

Запропонований підхід до розрахунків щодо включення в обіг поживних решток і коренів рослин міститься в Керівних принципах МГЕЗК [13]. На відміну від інших підходів [11, 12] метод [13] враховує надходження складових у надземні і підземні залишки та ґрунт.

БСР створено в Державному підприємстві «Міжвідомчий науково-технологічний центр «Агробіотех» НАН та МОН України, які рекомендовано для обробки насіння і обприскування рослин в період вегетації [2].

Біолан (ТУ У 24-2-31168762-001-2005) – біостимулятор росту рослин біологічного походження і широкого спектра дії, малотоксичний, який містить збалансовану композицію біологічно активних сполук аналогів фітогормонів, амінокислот, жирних кислот, олігосахаридів, хітозану й мікроелементів у біогенній формі Zn, Cu, Mn, Mg, Ca, Fe, Na, K та біозахисних сполук.

Радостим (ТУ В 24.2-31168762-004-2007) – біостимулятор росту рослин із серії композиційних препаратів із широким спектром дії, який містить збалансовану композицію біологічно активних сполук аналогів фітогормонів, амінокислот, жирних кислот, олігосахаридів, хітозану, біогенних і хелатних мікроелементів (K_2O , Ca, Fe, Cu, B, Mn, Zn, Mo, Mg, S і N) та біозахисних сполук.

Емістим С (ТУ У 88.264.021-95) – біостимулятор росту рослин природного походження із широким спектром дії, який є продуктом біотехнологічного вирощування грибів-мікроміцетів з кореневої системи лікарських рослин. Містить збалансований комплекс фітогормонів ауксинової і цитокінінової природи, амінокислот, вуглеводів, жирних кислот, мікроелементів. Широко застосовують як ефективний агрозахід в технологіях вирощування польових культур [1]. Вміст у рослинах хлорофілу, площу листового апарату та активність каталази визначали згідно з загальноприйнятими методами.

Результати досліджень. Біомаса надземної і підземної частин рослин поглинає вуглекислий газ з атмосфери за дії сонячної енергії та фотосинтезу. Майже половина його витрачається на процеси дихання і повернення до атмосфери, а інша утворює впродовж росту загальну продукцію біомаси.

Середній елементарний склад сухої маси рослин становить: вуглецю – 45 %, кисню – 42, водню – 6,5, азоту – 1,5 та попелу – 5 %. Найбільшу кількість вуглекислого газу акумулює біомаса рослин кукурудзи, озимої пшениці і рису, що пов'язано з високим рівнем продукційного процесу. За рахунок збільшення врожайності під час застосування БСР зростає вихід також соломи і поживно-корневих решток та відбувається акумуляція нагромадження вуглекислого газу зерновими культурами (табл. 1).

1. Обсяги накопичення вуглекислого газу зерновими культурами із застосуванням біостимулятора Радостим, т/га

Зернові культури	Середня врожайність за 2008-2012 рр., га	Утилізація CO ₂ , т/га		Різниця поглинання, т/га	%
		Радостим	Контроль		
Озима пшениця	31,7	23,63	18,09	5,54	30,6
Яра пшениця	25,7	14,92	13,55	1,37	10,1
Озиме жито	21,0	14,86	13,21	1,65	12,5
Ячмінь озимий	25,8	13,93	12,63	1,30	10,3
MsoNormal					
Ячмінь ярий	23,5	13,48	12,26	1,22	9,9
Овес	18,6	12,35	10,86	1,49	13,7
Просо	14,3	10,45	9,38	1,07	11,4
Кукурудза	51,5	30,84	27,31	3,53	12,9
Рис	55,9	20,50	18,11	2,39	13,2
Гречка	8,4	7,47	6,75	0,72	10,7
У середньому	X	21,27	17,74	3,53	19,9

Аналіз одержаних нами даних свідчить, що середній показник різниці із застосуванням і без застосування БСР становить 3,53 т/га, тобто акумуляція вуглекислого газу рослинами збільшується майже на 20 %. Від використання БСР найменшу кількість вуглекислого газу акумулюють рослини ярого ячменю (близько 10 %), найбільшу – озимої пшениці (30,6 %). На інших зернових культурах цей показник коливався у межах від 10 до 13,5 %. У перерахунку на зібрану середню площу зернових культур (14, 7 млн га) різниця поглинання CO₂ становила 51, 91 т/га (табл. 2).

2. Обсяги накопичення вуглекислого газу зерновими культурами із застосуванням біостимулятора Радостим на зібрану площу, млн т

Зернові культури	Середня зібрана площа за 2008-2012 рр., млн т	Акумуляція CO ₂ культурами, млн т		Різниця поглинання, т/га
		Радостим	Контроль	
Пшениця озима	6,19	146,26	112,0	34,29
Пшениця яра	0,29	4,27	3,9	0,39
Озиме жито	0,35	5,27	4,7	0,58
Ячмінь озимий	1,09	15,19	13,8	1,42
Ярий ячмінь	3,00	40,45	36,8	3,66
Овес	0,35	4,33	3,8	0,52
Просо	0,13	1,33	1,2	0,14
Кукурудза	3,02	93,09	82,4	10,66
Рис	0,03	0,53	0,5	0,06
Гречка	0,26	1,93	1,7	0,19
Всього	14,70	312,65	260,74	51,91

За останні 150-250 років внаслідок суттєвих змін у землекористуванні значно зменшилася кількість біомаси рослин і ґрунтового вуглецю (гумусу). Для підвищення врожайності зернових культур на посівну площу актуально

застосування БСР, які уможливають отримувати додатковий приріст біомаси, акумулювати соломю і пожнивно-кореновими залишками в ґрунті на 2,15 т/га вуглекислого газу більше, що дорівнює 31,58 млн т на площі 14,7 млн га (табл. 3). Показано, що акумуляція вуглекислого газу без застосування побічною і підземною масою рослин становить 13,07 т/га, а із застосуванням – 15,22 т/га. У перерахунку на зібрану площу зернових культур це 223,75 та 192,17 млн т. вуглекислого газу.

3. Акумуляція вуглекислого газу соломю і пожнивно-кореновими залишками зернових культур із застосуванням біостимулятора Радостим

Зернові культури	Акумуляція CO ₂ соломю та пожнивно-кореновими рештками, т/га				Різниця	
	Радостим	Конт роль	Радостим	Конт роль	т/га	млн. т
Озима пшениця	16,9	13,5	104,85	83,8	3,4	21,00
Яра пшениця	10,7	9,9	3,06	2,8	0,8	0,23
Озиме жито	11,5	10,2	4,08	3,6	1,3	0,45
Озимий ячмінь	10,2	9,0	11,07	9,8	1,1	1,25
Ярий ячмінь	9,2	8,9	27,58	26,7	0,3	0,88
Овес	9,3	8,2	3,25	2,9	1,1	0,37
Просо	8,3	7,3	1,06	0,9	1,0	0,12
Кукурудза	22,2	19,8	66,95	59,9	2,4	7,10
Рис	11,2	10,0	0,29	0,3	1,2	0,03
Гречка	6,1	5,6	1,58	1,4	0,5	0,14
Середнє	15,22	13,07	X	X	2,15	X
Всього	X	X	223,75	192,17	X	31,58

Нами узагальнено літературні і власні експериментальні дані щодо впливу БСР на нагромадження вмісту вуглецю зерновими культурами (рис. 2). Зокрема БСР спричиняють підсилення активності фітогорманольної, симбіотичної і ферментативної систем, збереження кількості корисних мікроорганізмів й засвоєння вуглекислого газу в процесі фотосинтезу, що супроводжується суттєвим підвищенням продуктивності сільськогосподарських культур.

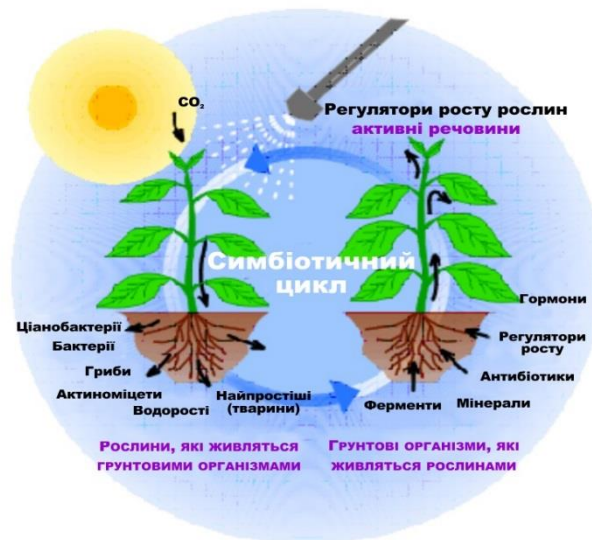


Рис. 2. Накопичення вуглецю зерновими культурами внаслідок застосування біостимуляторів росту рослин (у перерахунку на вуглекислий газ)

При гуміфікації (утворення гумусу) і мінералізації (розкладу) органічної речовини відбувається її перетворення на гумус. Крім того, утворюється значна кількість інших компонентів, деякі з них містять нестабільні сполуки, що легко розкладаються ґрунтовими мікроорганізмами, і вуглець у вигляді вуглекислого газу повертається до атмосфери. За умов гуміфікації органічний вуглець перетворюється у стабільні сполуки (гумус).

Нами встановлено, що з 1 т біомаси зернових культур утворюється у середньому 200 кг гумусу, а із застосуванням БСР більше на 80 – 480 кг/га. Середній показник різниці складає 310 кг/га, а на зібрану площу – 4,61 млн т. Для утворення такої кількості гумусу додатково необхідно вносити в ґрунт 6 т/га гною або 88,2 млн т. За даних умов ефективність використання БСР коливається в межах від 8 до 28 %.

У проведених нами експериментах застосування БСР спричиняло підвищення вмісту хлорофілу, площі листового апарату й активності ферменту каталази в листках рослинах ярої пшениці у фазі виходу в трубку та колосіння (табл.4).

4. Ефективність впливу біостимуляторів «Радостиму», «Біолану» і Емістиму С» на фізіологічні показники в листках рослин ярої пшениці в умовах Уманського національного університету садівництва (2007 – 2008 рр.)

Варіант	Фаза виходу в трубку	Фаза колосіння	Площа листового апарату на 1 га посівів, % до контролю	Активність каталази, мг H ₂ O ₂ /г
	Хлорофіл «а», г сирої маси речовини, мг/г	Хлорофіл «в», г сирої маси речовини, мг/г		
Контроль	100	100	100	100
Радостим	115	118	108	131,4
Біолан	122	128	128	142,9
Емістим С	118	117	119	137,4

Водночас, нами встановлено стимулювальний вплив біостимулятора «Біолан» на вміст хлорофілу, приріст листової поверхні та врожай зерна озимої пшениці порівняно з контролем (табл.5).

5. Ефективність впливу біостимулятора росту «Біолан» на вміст хлорофілу, приріст листової поверхні та врожай зерна озимої пшениці в умовах Уманського національного університету садівництва (2010 – 2012 рр.).

Варіант	Листкова поверхня рослини, м ²	Листкова поверхня 1 га, м ²	Вміст хлорофілу «а», г сирової маси речовини, мг/г	Врожай зерна, ц/га
Контроль	90,8	43584,0	3,0	43,1
Біолан	108,3	53500,2	4,1	55,4

Нині, продовольча і сільськогосподарська організації ООН (ФАО) закликають до нової «зеленої революції» з метою оздоровлення навколишнього середовища і захисту людства від глобального потепління та підвищення врожайів сільськогосподарських культур. Одержані нами результати дозволяють стверджувати, що Україні належить провідне місце в проектах розвитку високих технологій та виконанні завдань Кіотського протоколу.

Висновки

Застосування полікомпонентних БСР «Радостиму», «Біолану» і «Емістиму С» спричиняє підвищення виходу соломи, пожнивно-кореневих решток, вмісту C-CO₂ та врожайності зернових культур. Встановлено, що найбільшу кількість вуглекислого газу акумулюють рослини озимої пшениці, найменшу – ярого ячменю. За дії БСР відбувається зростання кількості хлорофілу «а» і «б», площі листового апарату й активності ферменту каталази в рослинах ярої пшениці у фази виходу в трубку та колосіння.

Список літератури

1. Анішин Л.А. Регулятори росту рослин (рекомендації по застосуванню) / Анішин Л.А., Пономаренко С.П., Грицаєнко З.М., – К.: ДПМНТЦ «Агробіотех», 2011. – 40 с.
2. Біостимулятори (регулятори росту) рослин. – К.: – ДПМНТЦ «Агробіотех», 2013-2014. – 29 с.
3. Довідник поживності кормів / [за ред. М.М. Карпуся]. – 2-е вид., переробл. і доп. – К.: Урожай, 1988. – 400 с.
4. Національна доповідь «Про стан родючості ґрунтів України» / [редкол. Балюк С.А., Медведєв В.В., Тараріко О.Г. та ін.] – К.: Урожай, 2010. – 111 с.
5. Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине за 1990-2010 гг. – К., 2012. – 729 с.
6. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства / [за ред. О.Г. Тараріко, М.Г. Лобаса]. – К.: Урожай, 1998. – 158 с.
7. Посівні площі сільськогосподарських культур під урожай 2012 р. (статистичний бюлетень). – К.: Державний комітет статистики, 2012. – 53 с.
8. Рослинництво України (статистичний збірник). – К.: Державний комітет статистики, 2013. – 180 с.
9. Тараріко Ю.О. Енергозберігаючі агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України (Рекомендації на прикладі Степу і Лісостепу) / Ю.О. Тараріко. – К.: ДІА, 2011. – 576 с.
10. Формування біоенергетичних агроєкосистем в зоні Полісся України. Науково-технологічне забезпечення аграрного виробництва Лівобережного Полісся (рекомендації) / [за ред. Ю.О. Тараріко, О.М. Берднікова]. – К.: ДІА, 2012. – 248 с.

11. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, - J.T. Houghton et al., IPCC/OECD/IEA, Paris, France, v.3, 1996. – Vol. 3, chapter 4. – 140 p.

12. Intergovernmental Panel on Climate Change (2000). Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. – 2000 – Chapter 4. – 94 p.

13. IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, - Japan. Vol. 4. – 678 p.

14. Lal R., Kimble L.M., Follett R.F. Потенциал обрабатываемых земель США по секвестрации углерода и смягчению парникового эффекта. – 1998. – 128 с.

Установлено, что наименьшее количество углекислого газа от применения биостимуляторов роста «Радостим», «Биолан», «Эмистим С» природного происхождения аккумулируют растения ярого ячменя, наибольшее – озимой пшеницы. Их использование способствует повышению содержания гумуса в почве, хлорофилла, площади листового аппарата и активности фермента каталазы в листьях пшеницы у фазы выхода в трубку и кущения.

Зерновые культуры, углерод, урожай, биомасса, хлорофилл, площадь листового аппарата, биостимуляторы роста растений.

It was set that the less quantity of carbon dioxide from the use of “Radostym”, “Biolan”, and “Emistym C” growth stimulators accumulated barley plants, and the most – winter wheat plants. The use of these stimulators causes the rise of humus in soil, chlorophyll, square of leaf blades and activity of catalaza enzyme in the leaves of spring wheat in the output of the tube and earing phases.

Crop cultures, CO₂, yield, biomas, chlorophyll, loliage area, biostimulators of plant growth.