

ЗЕМЛЯРОБСТВА, ГЛЕБАЗНАЎСТВА, АГРАХІМІЯ

УДК 631.465:631.445.24:631.452

Н. А. МІХАЙЛОУСКАЯ

ФЕРМЕНТАТЫЎНАЯ АКТЫЎНАСЦЬ ДЗЯРНОВА-ПАДЗОЛІСТАЙ ЛЁГКАСУГЛІНІСТАЙ ГЛЕБЫ У ЗАЛЕЖНАСЦІ АД АГРАХІМІЧНЫХ ПАКАЗЧЫКАЎ І ЎРАДЖАЮ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧЫХ КУЛЬТУР

Ацэнка стану і ўзроўню ўрадлівасці глебы засноўваецца галоўным чынам на ўліку ўраджайных даных і аграхімічных уласцівасцей. Аграфізічныя ўласцівасці і асабліва біялагічныя ў якасці паказчыкаў урадлівасці недастатковая вывучаны і прымяняюцца рэдка. Пры ацэнцы ўрадлівасці важна ўлічваць і біялагічную актыўнасць глебы, важным звязом якой з'яўляецца ферментатыўная актыўнасць. Сукупнасць біахімічных рэакций, якія адбываюцца ў глебе пад уздзеяннем ферментаў, у значнай ступені вызначае дынаміку глебавых працэсаў і ўзровень эфектыўнай урадлівасці. Нягледзячы на дынамічнасць і залежнасць ад гідратэрмічных умоў, актыўнасць ферментаў — больш стабільная харкторыстыка, чым інтэнсіўнасць мікрабіолагічных працэсаў [2]. Ацэнка ступені ўплыву колькасці мікрафлоры і актыўнасці глебавых ферментаў на ўраджай з дапамогай каэфіцыентаў карэляаціі паказала, што фарміраванне ўраджаю на 14—20% залежала ад дзеянні мікрафлоры і на 27—59% ад ферментатыўнай актыўнасці [5].

Выклікае цікавасць даследаванне ўзаемасувязі актыўнасці ферментаў, якія каталізујуцца агранамічна важныя працэсы, з аграхімічнымі паказчыкамі і ўраджаем. Да такіх ферментаў адносяцца інвертаза, урэаза, дэгідрагеназа, поліфенолаксідаза, пераксідаза.

Даследаванні праводзілі ў палявым стацыянарным доследзе Беларускага НДІ бульбаводства і плодаагародніцтва па вывучэнні ўплыву асноўных відаў угнаення і их спалучэння на ўраджайнисць агароднінных культур у севазварце і іх якасць. Глеба дзярнова-падзолістая лёгкасугліністая на лёгкім пылаватым суглінку, які з глыбіні 175 см падсцілаецца пяском; харкторызуеца нізкім узроўнем забяспечанасці рухомым каліем ($4,9 \text{ mg}/100 \text{ g}$ глебы). Дослед праводзіцца з 1964 г., адказны выканаўца канд. с.-г. навук П. Я. Півен. Схема доследу з указаннем доз угнаення пад становыя буракі прыведзена ў табл. 1. З 1981 г. уведзен гародніна-кармавы севазварот з наступным чаргаваннем культур: аднагодовыя травы з падсеваннем канюшыны, канюшына першага года карыстання, капуста, морква, становыя буракі.

Дозы азоту пад моркву складалі 90—120 кг/га, пад становыя буракі — 120—240, пад капусту — 180—300 кг/га. Дозы фосфару па культурах вар'іравалі ад 90 да 135 кг/га, калію для морквы — ад 120 да 240, для становых буракоў — ад 150 да 270, для капусты — ад 180 да 300 кг/га, саломістага гною пад моркву — 20—40 т/га, пад становыя буракі — 30—60, пад капусту — 40—80 т/га. Гной, аміачная салетра, хлорысты калій і просты суперфасфат уносялі вясной пад культивацией. Глеба пад дослед была двойчы правапнавана: у 1967 г.— з разліку па

Таблица 1. Характеристика ўрадлівасці глебы доследнага ўчастка

№ п.п.	Варыянт доследу	Гумус, %	рН у KCl	P ₂ O ₅	K ₂ O	H _Г	S	Сярэднегадавая прадукцыянасць у звязне севазвароту, ц/га к. адз.	Індэкс акультуранасці
				мг на 100 г глебы	мг-экв на 100 г глебы				
1	Кантроль без угнаенняў	1,61	5,8	17,4	4,9	1,6	6,6	71	0,49
2	N ₁₂₀ P ₉₀	1,67	4,7	18,8	5,6	3,7	5,7	76	0,43
3	N ₁₂₀ K ₁₅₀	1,82	4,8	13,9	20,0	3,6	5,7	100	0,57
4	P ₉₀ K ₁₅₀	1,78	5,2	23,7	21,4	2,6	6,9	101	0,71
5	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀	2,18	5,1	22,3	22,6	3,1	7,1	102	0,74
6	N ₂₄₀ P ₉₀ K ₁₅₀	2,20	4,4	20,1	17,9	4,8	5,0	124	0,81
7	30 т/га гною	2,60	6,0	20,2	28,6	2,0	9,3	123	0,85
8	30 т/га гною + + N ₁₅₀ P ₇₅ K ₁₈₀	2,25	5,7	22,1	34,8	2,8	7,4	134	0,81

3/4 гідралітычнай кіслотнасці тарфатуфам і ў 1975 г.— па 4 т/га дала-мітавай мукой.

У 1983 г. у доследзе вырошваліся становыя буракі, затым аднагадовыя травы (авёс) з падсіваннем канюшыны і канюшына першага года карыстання па паслядзяянню ўгнаенняў, унесеных пад буракі. Паўторнасць варыянтаў чатырохкратная, площа доследных дзялянак 72 м².

У выніку працяглага прымяняння мінеральны, арганічны і камбінаванай сістэм ўгнаенняў у доследзе сфарміравана некалькі ўзроўняў урадлівасці глебы, якія адразніваюца па колькасці гумусу (1,61—2,60%), рухомага фосфару (17,4—23,7 мг/100 г глебы), калію (4,9—34,8 мг/100 г глебы) і кіслотнасці (рН_{KCl} ад 4,4 да 6,0). Для ацэнкі ўзроўню ўрадлівасці па гэтых аграфічных паказчыках былі разлічаны комплексныя адносныя паказчыкі — індэксы акультуранасці [7]. Велічыні індэксаў акультуранасці дазваляюць лічыць глебу вар. 1—3 нізкаакультуранай, вар. 4—6 — сярэднеакультуранай, вар. 7, 8 — высокай ступені акультуранасці.

Узоры глебы адбіралі з ворнага гарызонту, як правіла, тро разы на працягу вегетацыйнага перыяду: вясной, перад уніясненнем ўгнаенняў, праз месяц пасля іх уніяснення і пасля ўборкі ўраджаю.

Для вызначэння інтэнсіўнасці глебавага дыхання і патэнцыяльнай нітрагеназнай актыўнасці прымянялі газахраматаграфічныя методы [3, 8]. Дэгідрагеназную і урэазную актыўнасць вызначалі агульна-прынятымі методамі [9], інвертазную — па метаду Т. А. Шчарбаковай [10], поліфенолаксідазную і пераксідазную — з гідрахіонам [4]. Статыстычная апрацоўка эксперыментальнага матэрыялу праводзілася з дапамогай дысперсійнага і карэляцыйна-рэгрэсійнага аналізаў [1].

Умовы надвор'я перыяду даследаванняў у асноўным былі спрыяльныя для вегетацыі сельскагаспадарчых культур. Толькі к 1983 г. колькасць атмасферных ападкаў была ніжэйшай за сярэднюю шматгадовую велічыню.

Біяхімічныя даследаванні глебы былі праведзены ў 1983—1985 гг. Вызначана актыўнасць гідралітычных ферментаў — інвертазы і урэазы і акісяльна-аднаўленчых — дэгідрагеназы, поліфенолаксідазы і пераксідазы. Гідралітычныя рэакцыі істотна ўплываюць на ўзровень эфектыўнай урадлівасці, узбагачаюць глебу даступнымі для раслін і мікрапланктону элементамі жыўлення. Інвертазная актыўнасць харкторызуе вугляводны рэжым глебы. Урэазная актыўнасць з'яўляецца адным з паказчыкаў азотнага рэжыму і звязана з раскладаннем мачавіны ў глебе.

Таблица 2. Упłyў розных сістэм угнаення ў на актыўнасць адпаведна гідралічных і акісяльна-аднаўленчых ферментаў дзярнова-падзолістай лёгкасугліністай глебы

№ вар.	Інвертаза, мг глюкозы за 4 гадз			Урэаза, мг $N-NH_4^+$ за 4 гадз			Комплексная ферментатыўная актыўнасць, %	CO_2 , мг за 96 гадз	N_2 -фіксация, мг N_2 за 24 гадз
	сталовыя буракі	авёс+канюшына	канюшына	сталовыя буракі	авёс+канюшына	канюшына			
1	11,86	15,85	25,23	0,35	0,35	0,54	100	1,59	0,87
2	17,44	20,07	30,66	0,38	0,42	0,68	115	1,87	1,12
3	17,93	22,97	32,82	0,33	0,59	0,76	121	2,03	1,07
4	18,19	20,67	26,63	0,48	0,60	0,70	131	2,05	1,37
5	18,73	24,88	33,53	0,49	0,67	0,94	146	2,60	1,45
6	18,59	22,16	33,23	0,33	0,45	0,45	115	2,04	0,98
7	21,18	25,78	35,45	0,73	1,10	1,50	189	2,36	1,78
8	19,25	24,27	31,30	0,62	0,71	1,20	154	2,25	1,49
HIP	2,58	2,10	3,11	0,14	0,13	0,11			

№ вар.	Дэгідрагеназа, мг ТФФ за 24 гадз			Поліфенолаксідаза, мг хіону за 0,5 гадз			Пераксідаза, мг хіону за 0,5 гадз		
	сталовыя буракі	авёс+канюшына	канюшына	сталовыя буракі	авёс+канюшына	канюшына	сталовыя буракі	авёс+канюшына	канюшына
1	0,43	2,09	7,23	2,03	3,34	3,12	3,12	12,96	5,32
2	0,57	1,77	8,30	2,90	2,42	3,56	4,05	16,12	4,91
3	0,44	2,34	6,50	3,09	2,54	3,64	3,37	15,64	5,44
4	0,67	2,90	7,55	4,02	2,51	3,70	4,06	13,86	4,69
5	0,63	3,14	12,30	4,09	2,63	4,51	5,03	14,65	6,18
6	0,43	2,16	7,37	3,10	2,17	3,29	4,27	20,39	3,99
7	1,32	3,94	13,11	5,01	3,60	5,17	5,67	12,87	6,75
8	0,94	2,95	10,34	4,40	3,01	4,72	5,16	13,85	6,54
HIP	0,18	0,32	1,00	0,65	0,48	0,51	0,31	0,89	0,61

З а ў а г а . Ферментатыўная актыўнасць дадзена ў разліку на 10 г паветранасухой глебы.

Разам з гідралічнымі значную ролю ў фарміраванні эфектыўнай урадлівасці глебы адыгрываюць акісяльна-аднаўленчыя працэсы, важней харктарыстыкай якіх з'яўляецца актыўнасць дэгідрагеназы, поліфенолаксідазы і пераксідазы. Дэгідрагеназная актыўнасць — гэта паказчык жыццядзейнасці глебавай мікрафлоры; поліфенолаксідазная і пераксідазная актыўнасць адлюстроўвае інтэнсіўнасць працэсаў сінтэзу і мінералізацыі гумусу. Была вызначана таксама адносная актыўнасць гідралічных і акісяльна-аднаўленчых ферментаў па метаду, пропанаванаму Ж. Аццы (1959). Разлік комплекснай адносной величыні ферментатыўнай актыўнасці (у працэнтах) дазваляе парунаць агульную інтэнсіўнасць біяхімічных працэсаў глебы розных варыянтаў доследу і даваць агульную ацэнку стану і ўздоўню ўрадлівасці па біялагічных паказчыках [6].

Эксперимент паказаў, што працяглее сістэматычнае прымяненне арганічнай (30 т/га гною) і камбінаванай (30 т/га гною+ $N_{150}P_{75}K_{180}$) сістэм угнаення ў на дзярнова-падзолістай лёгкасугліністай глебе дазваляе дасягнуць высокай ступені акультуранасці, сярэднегадавой працукцыйнасці ў звяне севазвароту 123—134 ц/га к. адз., а таксама значна павышае інтэнсіўнасць вугляводнага і азотнага абмену, садзейнічае павышэнню актыўнасці мікраарганізмаў і стварае спрыяльныя ўмовы для мікробіялагічных працэсаў гумусаназапашвання. На вар. 7 і 8 адзначаны самыя высокія інвертазная, урэазная, дэгідрагеназная, поліфенолаксідазная актыўнасць, а таксама інтэнсіўнасць глебавага дыхання і азотфіксациі (табл. 2). Комплексная адносная ферментатыўная актыўнасць склада 154—189 супраць 100% на контролі.

Вядома, што працяглее прымяненне мінеральных угнаення ў такса-

ма садзейнічала павышенню актыўнасці ферментаў, хоць і ў меншай ступені. Павелічэнне дозы азоту ў поўным мінеральным угнаені да 240 кг/га, як правіла, выклікала верагоднае зніжэнне энзіматычнай актыўнасці.

Паказыкі актыўнасці пералічаных ферментаў узрасталі ад нізкай да сярэдняй ступені акультуранасці і дасягалі найбольш высокіх значэнняў у высокаакультуранай дзярнова-падзолістай сугліністай глебе.

Пры вырошчванні аўса з канюшынай актыўнасць пераксідазы мела адваротную сувязь з узроўнем эфектыўнай урадлівасці, а пры вырошчванні сталовых буракоў і канюшыны — прямую. Атрыманыя даныя сведчаць аб тым, што функцыі пераксідазы ў працэсах трансфармациі гумусавых рэчываў могуць змяняцца ў залежнасці ад канкрэтных умоў. Сярод мікрабіёлагаў няма адзінай думкі аб ролі пераксідазы ў ператварэннях гумусавых злучэнняў. А. П. Лісавал (1968), А. І. Чундэрава (1972), Л. А. Карагіна (1983) лічаць, што для поліфенолаксідаў існуе прямая сувязь з колькасцю гумусу, а для пераксідазы — адваротная. У той жа час J. P. Martin, K. A. Haider (1980) паказалі, што пераксідаза пры пэўных умовах можа прымаць удзел як у працэсах сінтэзу, так і ў працэсах мінералізацыі гумусу.

З дапамогай дысперсійнага аналізу можна даць якасную характеристыку сувязей і вызначыць, у якой ступені верагоднасці магчымы ўплыў названага фактараў. Колькасныя параметры сувязі паміж фактарамі вызначаюцца пры выкарыстанні карэляацыйна-рэгрэсійнага аналізу. Прымененне карэляацыйнага аналізу дазволіла ацаніць узровень і харкатар сувязі біяхімічных параметраў з асобнымі аграфічымі ўласцівасцямі дзярнова-падзолістай лёгкасугліністай глебы, колькасцю гумусу, узроўнем кілотнасці і забяспечанасцю элементамі фосфарнага і калійнага жыўлення, а таксама з велічынёй агульнага індэкса акультуранасці (табл. 3 і 4).

Таблица 3. Карэляацыйныя сувязі ферментатыўнай актыўнасці дзярнова-падзолістай лёгкасугліністай глебы з адноснымі індэксамі акультуранасці па асноўных аграфічымічных уласцівасцях

Біялагічныя ўласцівасці	Каэфіцыент карэляаціі			
	$I_{\text{гумус}}$	I_{pH}	$I_{P_2O_5}$	I_{K_2O}
Інвертазная актыўнасць	0,84	-0,39	0,44	0,84
Урэзная актыўнасць	0,84	0,61	0,52	0,87
Дэгідрагеназная актыўнасць	0,85	0,76	0,63	0,90
Поліфенолаксідазная актыўнасць	0,35	-0,86	0,01	0,13
Прадуцыраванне CO_2	0,91	0,59	0,59	0,91
Патэнціяльная азотфіксуючая актыўнасць	0,75	0,63	0,70	0,92

З аўтага. Крытычнае значэнне каэфіцыента карэляаціі на 5%-ным узроўні значнасці 0,497.

Таблица 4. Карэляацыйныя сувязі ферментатыўнай актыўнасці з агульным індэкsem акультуранасці дзярнова-падзолістай сугліністай глебы

Фермент	Ураўненне рэгрэсii	r	$F_{\text{факт}}$	$F_{\text{табл}}$
Інвертаза	$y = 10,67 + 15,60 I_{\text{агул}}$	0,77	8,60	2,45
Урэаза	$y = 1,34 - 4,13 I_{\text{агул}} + 4,54 I_{\text{агул}}^2$	0,98	62,16	2,57
Дэгідрагеназа	$y = 0,54 + 2,96 I_{\text{агул}}^2$	0,97	94,60	2,45
Поліфенолаксідаза	$y = 5,39 - 12,51 I_{\text{агул}} + 13,83 I_{\text{агул}}^2$	0,98	61,78	2,57
Пераксідаза	$y = 10,04 + 0,92 I_{\text{агул}}^2$	0,13	0,10	2,45

Таблица 5. Қарэляцыйныя сувязі сярэднегадавой прадукцыйнасці з ферментатыўнай актыўнасцю дзярнова-падзолістай лёгкасугліністай глебы

Фермент	Ураўненне рэгрэсіі	<i>r</i>	<i>F</i> факт
Інвертаза	$y = 63,70 + 9,65 x_1$	0,84	14,08
Урэаза	$y = 2,50 + 181,39 x_2^{0,5}$	0,66	4,73
Дэгідрагеназа	$y = -20,51 + 117,79 x_3^{0,5}$	0,70	5,88
Поліфенолаксідаза	$y = -101,94 + 130,79 x_4^{0,5}$	0,70	5,72
Пераксідаза	$y = -3,62 + 121,34 x_5^{0,5}$	0,50	4,81

З а ў в а г а. y — ураджай; x_{1-5} — актыўнасць адпаведнага ферменту; $F_{\text{табл}} = 2,45$.

Паказана, што ферментатыўная актыўнасць мела больш цесныя ўзаемасувязі з адноснымі індэксамі па колькасці гумусу (r — ад 0,75 да 0,91) і рухомага калію (r — ад 0,84 да 0,92) і ў меншай ступені залежала ад узроўню кіслотнасці (r — ад 0,39 да 0,86) і колькасці рухомага фосфару (r — ад 0,44 да 0,63).

З дапамогай карэляцыйна-рэгрэсійнага аналізу была вызначана наяўнасць цеснай дадатнай сувязі актыўнасці гідралітычных і акісяльна-аднаўленчых ферментаў з велічынёй агульнага індэкса акультуранасці дзярнова-падзолістай лёгкасугліністай глебы — r у межах 0,77—0,98 (табл. 4).

Залежнасць інвертазнай актыўнасці глебы ад комплексу яе асноўных аграфімічных уласцівасцей апісваецца ўраўненнем прамой лініі. Актыўнасць інвертазы ўзрастала пра прарыянальна павышэнню ступені акультуранасці глебы. Сувязь актыўнасці урэазы, дэгідрагеназы і поліфенолаксідазы са ступенню акультуранасці глебы мае нелінейны характар. Для пераксідазнай актыўнасці цеснай узаемасувязі з велічынёй індэкса акультуранасці глебы выяўлена не было — $r=0,13$.

Вядома, што ферментатыўная актыўнасць знаходзілася ў цеснай дадатнай карэляцыі з сярэднегадавой прадукцыйнасцю звяза севазвароту. Самая цесная сувязь з ураджаем адзначана для інвертазнай актыўнасці ($r=0,84$). Каэфіцыенты карэляцыі урэазнай, дэгідрагеназнай, поліфенолаксідазнай і пераксідазнай актыўнасці з прадукцыйнасцю складалі адпаведна 0,66, 0,70, 0,70 і 0,50. Від атрыманых ураўненняў рэгрэсіі прыводзіцца ў табл. 5.

Такім чынам, у нашых даследаваннях вызначаны цесныя карэляцыйныя ўзаемасувязі актыўнасці рада асобных ферментаў, якія каталізуюць асноўныя агранамічна важныя працэсы, з велічынёй агульнага індэкса акультуранасці глебы і ўраджайнасцю.

Для сумарнай ацэнкі біялагічнай актыўнасці па раду паказчыкаў мы карысталіся велічынёй комплекснай ферментатыўнай актыўнасці, якая дазваляе парашоўваць узроўні ўрадлівасці розных варыянтаў у доследах, дае магчымасць меркаваць аб агульнай ферментатыўнай актыўнасці глебы [6]. Карэляцыйны аналіз дазволіў вызначыць ступень сувязі комплекснай ферментатыўнай актыўнасці з сярэднегадавой прадукцыйнасцю звяза севазвароту ($r=0,74$) і са ступенню акультуранасці глебы ($r=0,92$). Цесная сувязь комплекснай ферментатыўнай актыўнасці з прадукцыйнасцю і аграфімічнымі параметрамі сведчыць аб тым, што біяхімічны патэнцыял глебы адлюстроўвае стан яе эфектыўнай урадлівасці.

Вывады

1. Паказана, што асноўныя аграфімічныя паказчыкі ўрадлівасці (колькасць гумусу, узровень кіслотнасці, колькасць рухомых фосфару і калію) цесна карэлююць з інвертазнай, урэазнай, дэгідрагеназнай, по-

ліфенолаксідазнай і з комплекснай адноснай велічынёй ферментатыўнай актыўнасці дзярнова-падзолістай лёгкасугліністай глебы (r — ад 0,77 да 0,08).

2. Вядома, што ферментатыўная актыўнасць знаходзіцца ў цеснай дадатнай карэляцыі з сярэднегадавой прадукцыйнасцю звяна севазвароту (r — ад 0,66 да 0,84).

Summary

The studies carried out on derno-podzolic soil have revealed a correlation between the soil enzymic activity and the crop yields.

Літаратура

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1985. 351 с.
2. Звягинцев Д. Г. // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв. М., 1976. С. 175—189.
3. Карагина Л. А., Воробьева Е. Н., Фирсов П. С. // Почвоведение и агрохимия. Минск, 1981. № 17. С. 156—160.
4. Карагина Л. А., Михайлуская Н. А. // Весці АН БССР. Сер. с.-г. науок. 1986. № 2. С. 40—41.
5. Кутовая Н. Я. // Повышение плодородия черноземов и агротехника возделывания сельскохозяйственных культур. Каменная степь, 1984. С. 22—30.
6. Страфанькина Л. М. Зависимость урожая ячменя от содержания гумуса и биологической активности дерново-подзолистой супесчаной почвы: Дис. ... канд. с.-х. наук. Рига, 1976. 202 с.
7. Смеян Н. И. и др. Методика внутрихозяйственной качественной оценки земель сельскохозяйственных угодий колхозов и госхозов БССР. Минск, 1984. 175 с.
8. Умаров М. М. Ассоциативная азотфиксация. М., 1986. С. 22—23.
9. Хазинев Ф. Х. Ферментативная активность почв. М., 1976. 179 с.
10. Щербакова Т. А. // Симп. по ферментам почвы: Сб. докл. Минск, 1968. С. 453.