

УДК 632.954:633.11:581.133.5

ДЕЙСТВИЕ МНОГОЛЕТНЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ НА ОБМЕН ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ У ПШЕНИЦЫ САРАТОВСКОЙ 29

Г. П. МОСКАЛЕНКО, В. А. ЗИНЧЕНКО

(Кафедра химических средств защиты растений)

Между урожайностью пшеницы и содержанием в растениях отдельных фосфорных соединений в фазы трубкования и колошения установлена положительная корреляция [3, 6, 8]. Следовательно, изучение фосфорного обмена при использовании гербицидов позволило бы вскрыть причины изменения роста растений и формирования урожая.

В литературе имеются сведения о том, что под влиянием гербицидной дозы 2,4-Д в первые часы и сутки после обработки пшеницы существенно нарушается фосфорный обмен: снижается содержание общего и органического фосфора, нуклеиновых кислот, увеличивается количество липидной фракции [7]. После детоксикации гербицида в тканях растений количество нуклеотидов и нуклеиновых кислот возрастает [4, 6].

В большинстве работ исследовалась кратковременная реакция растений на гербициды или определялось влияние однократного применения препаратов на содержание фосфорных соединений. Нас интересовали процессы изменения фосфорного обмена в обработанных растениях в течение вегетации. Необходимо было выяснить, насколько глубоки нарушения, происходящие под действием гербицидов, как долго они сохраняются и как это отражается на росте и развитии растений, однократно ли изменяется фосфорный обмен у растений впервые обрабатываемых и после многолетних обработок. Ответить на эти вопросы по имеющимся весьма немногочисленным литературным данным в настоящее время невозможно.

Материал и методы

Фосфорный обмен у пшеницы сорта Саратовская 29 изучался нами в 1977—1978 гг. в условиях вегетационных опытов на Агротехнической опытной станции им. Д. Н. Прянишникова. Пшеницу выращивали в сосудах Митчерлиха емкостью 5 кг почвы (22 растения на сосуд). Почва дерново-подзолистая среднесуглинистая слабокислая. Перед набивкой сосудов в расчете на 1 кг почвы вносили: N — 105 мг, P₂O₅ — 100 и

K₂O — 108 мг в виде растворов солей NH₄NO₃, K₂SO₄ и CaHPO₄ (порошок). Высевали семена пшеницы урожая 1976 и 1977 гг. с многолетнего полевого опыта, проводимого на Карабалыкской сельскохозяйственной станции [5].

Опрыскивали пшеницу в фазу кущения препаратами: 33 % к. э. смеси эфиров 2,4-Д (C₇—C₉) в дозах 0,3 и 0,6 кг д. в. на 1 га; 48 % водным раствором банвела-Д в дозах 0,15 и 0,3 кг и 25 % водорастворимым концентратом тордона 22К в дозах 0,05 и 0,1 кг д. в. на 1 га. Варианты опытов обозначены шифрами, где 0 — без обработки, 1 — обработка гербицидом. Количество знаков соответствует числу лет проведения опыта.

Фракционный состав фосфорных соединений определяли в лиофильновысушенном материале по методике Воллейдт и Тищенко [2].

Пробы для анализа в опытах 1977 г. отбирали через 10, 20 и 40 дней после обработки, что соответствовало фазам выхода в трубку, колошения и молочной спелости пшеницы.

Было выяснено, что через 40 дней после опрыскивания растений гербицидами (в фазу молочной спелости) содержание в них фосфорных соединений почти не отличалось от контроля. Лишь в опыте с тордоном различия между вариантами сохранялись и в эту фазу, что свидетельствовало о более сильном воздействии данного гербицида на пшеницу.

С учетом полученных результатов в опытах следующего года (1978) пробы растений отбирали через 3, 10 и 20 дней после обработки.

Результаты и обсуждение

Под действием смеси эфиров 2,4-Д (C₇—C₉) через 3 дня после обработки в растениях наблюдались заметные изменения в содержании фосфорных соединений по сравнению с контролем, при этом после многолетнего применения гербицида они были более значительные, чем при однолетней обра-

ботке (табл. 1). Так, если в варианте 0000001* концентрация минерального фосфора в растениях снижалась по сравнению с контролем на 5,6 %, то в варианте 1111111* — на 14,7 %, органического кислоторастворимого — соответственно на 9,6 и 18,5, а органического кислотонерастворимого — на 2,5 и 13,2 % (табл. 1).

В пшенице после обработки 2,4-Д повышался уровень фосфолипидов, несмотря на

В пшенице после многолетнего применения 2,4-Д по сравнению с однолетним уменьшалось количество гексозофосфатов, нуклеиновых кислот и нуклеопротеидов. Существенно снижалось также содержание нуклеотидов по сравнению с контролем, тогда как при однолетней обработке их уровень уменьшился лишь под действием двойной дозы 2,4-Д.

Следовательно, влияние 2,4-Д на содер-

Т а б л и ц а 1

Содержание фосфорных соединений в растениях (мг % P_2O_5) в вегетационном опыте 1978 г. после обработки 2,4-Д

Шифр варианта	Минеральный	Кислоторастворимый органический			Кислотонерастворимый органический				Общий P_2O_5
		общий	гексозофосфаты	нуклеотиды	общий	фосфолипиды	нуклеиновые кислоты	нуклеопротеиды	
Через 3 дня									
0000000	720	270	140	130	560	160	290	110	1550
0000001*	-40	-26	-23	-2	-14	+40	-23	-31	-80
0000001**	-110	-40	-20	-20	-20	+50	-40	-30	-170
1111110	-13	-9	-9	0	+12	+16	-11	+7	-10
1111111*	-106	-50	-37	-13	-74	+10	-46	-38	-230
1111111**	-158	-67	-45	-22	-85	+20	-64	-41	-310
Через 10 дней									
0000000	630	233	140	93	387	107	184	96	1250
0000001*	+20	+11	-2	+13	-11	+13	+13	-37	+20
0000001**	+28	+19	+10	+9	+3	+17	+16	-30	+50
1111110	+7	+7	+2	+5	-14	+8	+4	-26	0
1111111*	-16	-32	-23	-9	-32	+25	-19	-38	-80
1111111**	-80	-39	-25	-14	-41	+32	-32	-41	-140
Через 20 дней									
0000000	495	153	68	85	212	45	116	51	860
0000001*	+15	+17	+12	+5	+8	+2	+13	-7	+40
0000001**	+21	-37	-22	-15	+6	+4	+4	-2	-10
1111110	-15	-14	-8	-6	+39	+3	+12	+24	+10
1111111*	-25	-43	-9	-34	+48	+14	+18	+16	-20
1111111**	-75	-51	-12	-39	+72	+19	+24	+29	-50

Примечание. Здесь и в последующих таблицах одна звездочка означает одинарную дозу, две — двойную дозу гербицида.

то что содержание большинства других фосфорных соединений снижалось. Как известно, фосфолипиды вместе с белками составляют основу различных цитоплазматических структур клетки. При увеличении содержания фосфолипидов уменьшается проницаемость клеток для воды и растворенных в ней веществ [3].

Исследователями неоднократно отмечалось повышение содержания липидной фракции в растениях после обработки гербицидами и высказывалось предположение о защитной роли данных соединений [1]. Аналогичная закономерность наблюдалась и в наших опытах. При этом в растениях, впервые обработанных гербицидом, содержание фосфолипидов по сравнению с контролем возрастало на 25,0—31,2 %, тогда как после семилетней обработки — лишь на 6,3—12,5 %.

жание отдельных фосфорных соединений в растениях и в целом на фосфорный обмен было наиболее значительным при многолетнем его применении.

Интересно отметить, что в варианте последствия 6-летней обработки 2,4-Д (1111110) существенных изменений в содержании фосфорных соединений по сравнению с контролем не наблюдалось.

В следующий срок отбора проб (через 10 дней после обработки) различия в фосфорном обмене растений при однолетнем и многолетнем воздействии 2,4-Д выявились еще более контрастно (табл. 1). Так, если в первом случае отмечались тенденции к увеличению в растениях содержания минеральных фосфатов и существенное увеличение уровня нуклеотидов и нуклеиновых кислот, то в последнем — содержание гексозофосфатов, нуклеотидов, нуклеиновых кислот и

нуклеопротейдов было по-прежнему значительно меньше, чем в контроле.

Аналогичные тенденции наблюдались и в опыте 1977 г. Через 20 дней после опрыскивания (фаза колошения) при многолетнем применении 2,4-Д фосфорный обмен в растениях несколько усилился. Увеличилось содержание нуклеиновых кислот и нуклеопротейдов по сравнению с контролем и, вероятно, за счет этого уменьшилось количе-

нейшем росте растений. В вариантах с многолетним внесением 2,4-Д, приводящим к значительным нарушениям в обмене фосфорсодержащих соединений, рост растений тормозился сильнее, чем после первичной обработки гербицидом.

При обработке банвелом-Д через 3 дня наблюдались те же тенденции в изменении содержания фосфорных соединений в растениях (табл. 2). Количество нуклеотидов,

Таблица 2

Содержание фосфорных соединений в растениях (мг% P_2O_5) в вегетационном опыте 1978 г. после обработки банвелом-Д

Шифр варианта	Минеральный	Кислоторастворимый органический			Кислотонерастворимый органический				Общий P_2O_5
		общий	гексо-фосфаты	нуклеоти-ды	общий	фосфо-липиды	нуклео-вые кис-лоты	нукле-опротен-ды	
Через 3 дня									
000000	763	284	133	151	543	155	286	102	1590
0000001*	-23	-19	-5	-14	-48	+35	-33	-50	-90
0000001**	-34	-24	+1	-25	-12	+59	-42	-29	-70
1111110	-7	+3	-6	+9	-16	+4	-6	-14	-20
1111111*	-32	-28	+2	-30	-50	+12	-49	-13	-110
1111111**	-43	-44	-11	-33	-63	+30	-76	-17	-150
Через 10 дней									
0000000	670	225	110	115	445	130	230	85	1340
0000001*	-50	+6	+17	-11	+6	+12	+7	-13	-40
0000001**	-35	+14	+7	+7	-15	+14	0	-29	-40
1111110	+12	+3	+1	+2	-5	+1	+5	-11	+10
1111111*	+20	+15	+37	-22	-35	-15	+11	-31	0
1111111**	+27	-15	+11	-26	-31	-23	+9	-17	-20
Через 20 дней									
0000000	503	143	71	72	304	83	125	96	950
0000001*	-17	+16	+7	+9	+11	+4	+6	+1	+10
0000001**	-26	-4	-8	+4	+20	+6	+20	-6	-10
1111110	+6	+7	-6	+3	-3	+2	+5	-10	+10
1111111*	+27	-15	-3	-12	+8	+1	+25	-18	+20
1111111**	+38	-28	-7	-21	+20	-3	+22	+1	+30

ство минеральных и кислоторастворимых органических фосфатов. Следовательно, некоторая активизация фосфорного обмена в растениях при многолетнем применении 2,4-Д отмечалась позже, чем при однолетнем воздействии гербицида. К фазе молочной спелости (40 дней после обработки) различия в содержании отдельных фосфорных соединений по вариантам опыта были выражены менее четко.

Таким образом, под действием смеси эфиров 2,4-Д (C_7-C_9) первоначально в растениях заметно изменялся фосфорный обмен, затем, вероятно, после детоксикации основного количества гербицида следовала активизация обмена фосфорсодержащих соединений. При первичной обработке 2,4-Д фосфорный обмен в растениях активизировался раньше, чем в вариантах с многолетним применением гербицида.

Существенные изменения в содержании фосфорных соединений сказывались на даль-

нуклеиновых кислот и нуклеопротейдов в обработанных растениях снижалось, а фосфолипидов увеличивалось, причем после первичной обработки их содержание возрастало по сравнению с контролем на 22,6—38,0%, а после семилетней обработки банвелом-Д — на 7,7—19,4%.

Поскольку уровень фосфолипидов особенно сильно повышался через 3 дня после обработки 2,4-Д и банвелом-Д, можно предположить, что это является своеобразной защитной реакцией организма на повреждающее действие химически активных веществ.

Содержание фосфорных соединений в растениях при однолетнем и многолетнем применении банвела-Д было различным и через 10 дней после опрыскивания (табл. 2). Так, в первом случае количество минерального фосфора в растениях уменьшилось на 35—50 мг% по сравнению с контролем; по-видимому, растения использовали неор-

ганические фосфаты для усиленного синтеза органических соединений, содержание которых к этому времени по сравнению с предыдущим сроком отбора проб существенно возросло. Во втором случае содержание сложных фосфорорганических соединений в пшенице было на 31—35 мг % меньше, а минерального фосфора — на 20—27 мг % больше, чем в контроле. Накопление неорганических фосфатов свидетельствует, видимо, о затруднении включения их в состав нуклеотидов, содержание которых в этих вариантах уменьшалось на 22—26 мг %, в результате чего тормозился синтез сложных фосфорорганических соединений.

Растения в вариантах с многолетним применением банвела-Д вышли из состояния депрессии обмена фосфорных соединений лишь в фазу колошения. В этот период как в 1977, так и в 1978 г. содержание органического кислоторастворимого фосфора в них снижалось на 15—28 мг %, а нуклеиновых кислот повышалось по сравнению с контролем на 22—25 мг %, что косвенно указывает на усиление ростовых процессов.

К наступлению молочной спелости различия между вариантами сохранились лишь в содержании минерального фосфора, тогда как количество органических фосфатов существенно не изменялось.

Необходимо отметить, что в варианте последствий многолетней обработки банвело-Д обмен фосфорсодержащих соедине-

ний в пшенице в течение вегетации несколько отличался от контроля (табл. 2). Это свидетельствует о том, что ежегодные систематические обработки банвело-Д не прошли бесследно для растений.

Изменения в фосфорном обмене в течение вегетации коррелировали с ростом пшеницы, поскольку по высоте и массе обработанные растения наиболее сильно отставали от контроля в первые два срока отбора проб (через 3 и 10 дней после обработки). Токсическое действие двойной дозы банвела-Д на рост пшеницы и накопление органического вещества в вариантах 6—7-летних обработок было более значительным, чем при первичной обработке (1977 и 1978 гг.).

Таким образом, в опыте с банвело-Д, как и в опыте с 2,4-Д, через 3 сут после опрыскивания отмечались те же тенденции к уменьшению содержания большинства фосфорных соединений в растениях, причем при многолетнем применении банвела-Д снижение было большим.

Обмен фосфорсодержащих соединений в растениях в вариантах с однолетней обработкой активизировался в более ранние сроки, чем при 6—7-летнем применении гербицида.

Из трех гербицидов наиболее сильно воздействие на пшеницу оказывал тордон 22К. Изменения в фосфорном обмене под его влиянием были глубокими и продолжительными, в 1977 г. они наблюдались даже в фа-

Т а б л и ц а 3

Содержание фосфорных соединений в растениях (мг % P_2O_5) в вегетационном опыте 1978 г. после обработки тордоном 22К

Шифр варианта	Минеральный	Кислоторастворимый органический			Кислотонерастворимый органический				Общий P_2O_5
		общий	гексозо-фосфаты	нуклеотиды	общий	фосфо-липиды	нуклеино-вые кис-лоты	нуклео-оптерены	
Через 3 дня									
0000000	750	263	128	135	457	136	243	78	1470
0000001*	-25	-23	+2	-25	-22	+38	-27	-33	-70
0000001**	-32	-20	0	-20	-3	+49	-23	-34	-60
1111110	+5	-13	-12	-9	+38	+7	+15	+16	+30
1111111*	-30	-26	+6	-32	-64	+14	-40	-38	-120
1111111**	-49	-49	-10	-39	-72	+11	-51	-32	-170
Через 10 дней									
0000000	620	187	104	83	453	114	218	121	1260
0000001*	+15	+19	-3	+22	-4	+16	+18	-38	+30
0000001**	+27	+10	-8	+18	-17	+25	+32	-74	+20
1111110	+30	+7	0	+7	-47	-7	+12	-52	-10
1111111*	+58	+28	-1	+29	-46	+6	+24	-76	+40
1111111**	+70	+14	+1	+13	-30	+12	+31	-73	+50
Через 20 дней									
0000000	503	120	63	57	217	45	91	81	840
0000001*	+7	+25	+8	+17	+28	+14	+26	-12	+60
0000001**	+12	+17	+5	+12	+31	+13	+33	-15	+60
1111110	+11	-5	-10	+5	+14	+5	+6	+3	+20
1111111*	+4	+30	+2	+28	+36	+17	+38	-19	+70
1111111**	+1	+26	+5	+21	+43	+19	+45	-21	+70

зу молочной спелости, через 40 дней после обработки.

Реакция растений на тордон через 3 дня после опрыскивания была такой же, как и на 2,4-Д и банвел-Д (табл. 3). В обработанных растениях по сравнению с контролем существенно снижалось содержание минерального фосфора, нуклеотидов, нуклеиновых кислот и нуклеопротеидов, особенно после многолетнего воздействия препарата. В то же время количество фосфолипидов в растениях после первичной обработки тордоном увеличивалось на 27,9—36,0 % по сравнению с контролем, а после многолетнего применения гербицида — лишь на 8,1—10,3 %. Это еще раз подтверждает, что усиление синтеза фосфолипидов является одной из защитных реакций растений на действие гербицидов.

Многолетнее применение двойной дозы тордона вызывало наиболее резкое уменьшение уровня общего фосфора, минерального и органического кислоторастворимого, органического кислотонерастворимого — соответственно на 170; 49 и 72 мг % (табл. 3).

За первоначальным снижением содержания минеральных фосфатов, нуклеотидов и нуклеиновых кислот в растениях следовало (через 10 дней) его увеличение, что наблюдалось в 1977 и 1978 гг. Так, в опыте 1978 г. (табл. 3) через 10 дней концентрация общего фосфора при многолетнем применении гербицида на 40—50 мг % превысила уровень в контроле, минерального — на 58—70, нуклеотидов — на 13—29, нуклеиновых кислот — на 24—31 мг %. И только количество нуклеопротеидов снизилось по сравнению с контролем в среднем в 1,6 раза. При первичном воздействии тордона изменения в содержании указанных фосфорных соединений были выражены менее контрастно.

Через 20 дней после обработки содержания большинства фосфорорганических соединений в растениях по-прежнему было более высоким, а минеральных фосфатов — таким же, как в контроле. В этот период в растениях после многолетнего применения тордона в отличие от однолетнего содержалось больше нуклеиновых кислот и нуклеотидов соответственно на 12 и 9—11 мг %.

В результате первоначальных нарушений в обмене фосфорных соединений и дефицита фосфора несколько приостановились рост растений и накопление органической массы. Так, через 10 дней после обработки (опыт 1978 г.) пшеница в вариантах с 7-летним применением тордона была на 2,6—3,6 см ниже контрольной, а ее масса — на 23,1—26,9 % меньше. Отмеченное в дальнейшем повышение уровня большинства фосфорных соединений и, вероятно, интенсивности фосфорного обмена способствовало некоторой активизации синтеза органической массы, и через 20 дней после опрыскивания разница между вариантами многолетней обработки

и контролем по массе 10 растений составила уже 13,4—15,0 %.

Через 40 дней при однолетней обработке (в фазу молочной спелости), в растениях содержалось больше гексозофосфатов и органического кислотонерастворимого фосфора, чем в контроле. При многолетнем воздействии гербицида в растениях в этот период уменьшилось содержание гексозофосфатов и несколько возросло количество органического кислотонерастворимого фосфора, что, вероятно, можно объяснить замедленным гидролизом сложных фосфорорганических соединений.

Известно, что в период налива зерна в растениях происходят реутилизация фосфорорганических веществ и отток их в репродуктивные органы. Замедленный гидролиз сложных фосфорорганических веществ и накопление их в солоmine пшеницы могли повлечь за собой ослабление реутилизации фосфора и отрицательно сказаться на ее урожайности.

При уборке урожая растения в вариантах с многолетним применением гербицида были менее зрелыми, чем в контроле, и имели значительно худшие показатели структуры урожая.

При последствии многолетних обработок тордоном содержание отдельных фракций фосфорных соединений в пшенице в течение вегетации также отличалось от контроля, а следовательно, и обмен фосфорных соединений протекал несколько иначе (табл. 3). Следовательно, многолетние обработки тордоном оказывают некоторое влияние на обмен фосфорных соединений в растениях последующего поколения, при этом преимущественно изменялось содержание минеральных фосфатов, гексозофосфатов и нуклеопротеидов.

Выводы

1. Первоначальная реакция пшеницы сорта Саратовская 29 на воздействие различных гербицидов была одинаковой и выражалась в уменьшении содержания минеральных и суммы органических фосфатов по сравнению с контролем, особенно при многолетней обработке.

2. Количество фосфолипидов через 3 дня после обработки при однолетнем применении 2,4-Д в оптимальной дозе, банвела-Д и тордона 22К было соответственно на 25,0; 22,6 и 27,9 % выше, чем в контроле, а при многолетнем применении препаратов — на 6,3; 7,7 и 8,1 %.

3. Первоначальная депрессия фосфорного обмена сменялась его активацией, при этом увеличивалось содержание нуклеиновых кислот и нуклеопротеидов. После однолетнего воздействия 2,4-Д (С₇—С₉) и банвела-Д это обнаруживалось раньше, чем при многолетнем их применении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брянцева З. Н. Азотный и фосфорный обмен кукурузы в связи с измененной интенсивностью ее роста. — В сб.: Физиол.

механизмы адаптации и устойчивости у растений. Новосибирск, 1973, ч. 2, с. 67—76. — 2. Воллейдт Л. П., Тищенко

ко А. Г. К вопросу определения соединений фосфора в растениях. — Агрехимия, 1968, № 6, с. 129—177. — 3. Горелова З. П. К вопросу о взаимосвязи между показателями водного режима, фосфорного, азотного обменов и урожаем зерна яровой пшеницы. — В сб.: Вопр. водообмена культурных растений. Казань, 1965, с. 162—177. — 4. Джавадова Л. Г. Действие гербицидов на содержание нуклеиновых кислот и азотистый обмен у растений. — Автореф. канд. дис. Баку, 1970. — 5. Зинченко В. А., Таболина Ю. П., Калинина Н. В. Влияние ежегодных в течение трех лет обработок гербицидами на урожай пшеницы и его качество. — Изв.

ТСХА, 1977, вып. 2, с. 153—159. — 6. Лихолат Т. В. Влияние 2,4-Д на накопление богатых энергией фосфатов в растениях, разных по систематическому положению. — Физиол. раст., 1964, т. 11, вып. 6, с. 1070—1077. — 7. Невзорова Л. И., Воеводин А. В., Казарина Е. М. Влияние гербицида 2,4-Д на биосинтез нуклеиновых кислот ярового ячменя. — Бюл. ВНИИЗР, 1976, № 36, с. 74—78. — 8. Никитина Г. В. Влияние удобрений на белковость зерна и фосфорный обмен озимой пшеницы. — Науч. тр. Воронеж. с.-х. ин-та, 1977, т. 92, с. 92—99.

Статья поступила 15 февраля 1982 г.

SUMMARY

The influence of 2,4-D banvel-D and tordon-22K treatment of the wheat Saratovskaja 29 on phosphorus exchange in plants was studied for many years (during 6 years). At first wheat respond to the effect of different herbicides was equal and was expressed in reducing mineral content and the quantity of organic phosphats in comparison with the control, especially during the treatment of the plants for many years. In 3 days after treatment for 1 year of 2,4-D, banvel-D and tordon-22K in optimal dose the phospholipid content was for 25.0; 22.6 and 27.9 % higher correspondently than in control and during the application for many years the numbers were — 6.3; 7.7; 8.1 %. The initial depression of phosphorus exchange was replaced by the activity and the content of nuclein acids and nucleoproteins increased. This was discovered earlier with the treatment of 2,4-D and banvel-D during 1 year, than with application of them for many years.