

УДК 633.491:631.811.98

РЕАКЦИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ОБРАБОТКУ РЕТАРДАНТОМ 2-ХЛОРЕТИЛФОСФОНОВОЙ КИСЛОТОЙ

ПОСТНИКОВ А. Н., СТЕПЕНЕВ В. И., БЛИНОВСКИЙ И. К.
(Кафедра растениеводства)

Эффективность промышленного семеноводства картофеля в значительной мере определяется длительностью размножения исходного посадочного материала и приемами, направленными на получение максимального коэффициента размножения в полевых условиях. Нередки случаи, когда семенной материал, выращиваемый на начальном этапе из здоровых клонов, вследствие большой длительности размножения и повторного заражения вирусами по урожайности мало чем отличается от обычного семенного картофеля массовых репродукций. Так, по данным А. Г. Зыкина [4], в клоновых питомниках коэффициент размножения семенного картофеля в среднем не превышает 7—8, в посадках суперэлиты и элиты — 4—5, первой и дальнейших репродукций — 2,5—3. При таком низком коэффициенте размножения процесс семеноводства сорта обычно растягивается на 10 и более лет.

В целях ускорения размножения посадочного материала в нашей стране и за рубежом применяют различные приемы (загущение посадок картофеля, своевременное удаление ботвы, резка клубней и др.), повышающие выход клубней семенной фракции с единицы площади. Однако одни из этих приемов малоэффективны и приводят к удорожанию стоимости семенного материала, другие — способствуют распространению различных заболеваний картофеля. Таким образом, проблема увеличения выхода семенных клубней с единицы площади достаточно актуальна и в настоящее время.

В связи с этим возникает необходимость разработки новых приемов, увеличивающих коэффициент размножения картофеля, среди которых перспективным представляется использование регуляторов роста, в частности ретардантов.

Согласно сообщениям ряда исследователей ретарданты способны изменять габитус растений, в некоторых случаях увеличивать количество клубней под одним растением и в конечном итоге влиять на урожай [3, 8, 20, 21, 23]. В наших предварительных испытаниях некоторых ретардантов выявилось, что определенный интерес в семеноводстве картофеля представляют препараты, получаемые на основе 2-хлорэтилфосфоновой кислоты.

Эта кислота была синтезирована в 1946 г. советским ученым М. И. Кабачником с сотр. [6]. На ее основе были получены препараты, известные под названием этефон, амхем (66—329), СЕРА, этрел, кампозан. В процессе их разложения в клетках растений при рН клеточного сока выше 4,1 выделяется этилен [9, 26, 27], который действует подобно газообразному этилену и естественному этилену, образуемому в клетках растений и играющему роль эндогенного регулятора роста. Подтверждается это тем, что 2-хлорэтилфосфоновая кислота, как и этилен,

ускоряет созревание плодов, вызывает пожелтение и опадение листьев, влияет на процессы цветения, вегетативный рост растений, процессы клубнеобразования и пр. [2, 9].

Материал и методика исследований

Вегетационные опыты проводились на Опытной станции полеводства Тимирязевской академии в 1976—1977 гг. Объектом исследований служил среднеранний сорт картофеля Любимец. Для обработки растений использовалась 48% 2-хлорэтилфосфоновая кислота. Растения выращивали в эмалированных сосудах емкостью 14,5 дм³ в смеси низинного, хорошо разложившегося торфа и кварцевого песка 3:1.

Дозы удобрений рассчитывали для сосудов исходя из условно принятых доз N₆₀P₉₀K₁₈₀ в 1976 г. и N₂₃₀P₂₂₀K₂₆₀ в 1977 г., т.е. на 1 сосуд вносили (в растворенном виде) соответственно N 400 мг, P₂O₅—600, K₂O—1000 и N—1400, P₂O₅—1540, K₂O—1800 мг. Повышенные дозы удобрений использовали в 1977 г. в связи с сообщениями ряда исследователей [8, 18], что именно в этом случае ретарданты более эффективны. Из микроудобрений вносили медь в виде медного купороса—100 мг д.в. на сосуд (25 кг/га). Влажность торфосмеси в сосудах поддерживали на уровне 70% полной влагоемкости.

Высаживали пророщенные на свету клубни массой 70±2 г с 9 глазками у каждого. Глубина посадки клубней 7—8 см.

Обработку растений 2-хлорэтилфосфоновой кислотой проводили в начале фазы бутонизации путем опрыскивания в дозах 200; 400 и 800 мг/л из расчета 10 мл раствора на каждое растение. Контролем служили необработанные растения. Повторность опыта 6-кратная.

В течение опыта вели фенологические наблюдения, определяли высоту растений и число междоузлий. Учет урожая клубней и его структуры выполняли по общепринятым методикам. Данные эксперимента обработаны методом дисперсионного анализа [1].

Результаты и обсуждение

Внешний эффект действия препарата проявился уже на следующий день после обработки. Ретардант вызвал эпинатию верхних листьев и верхушек стеблей растений. В 1976 г. такое действие препарата сохранялось в течение одного дня при обработке ретардантом в дозе 200 мг/л, трех дней — при 400, пяти — при 800 мг/л. В 1977 г. оно наблюдалось несколько дольше — соответственно 3, 7 и 9 дней.

Растения, обработанные 2-хлорэтилфосфоновой кислотой, заметно отставали в росте и тем сильнее, чем выше была доза препарата (табл. 1).

Ингибирование роста побегов выразилось прежде всего в уменьшении длины междоузлий и в меньшей степени в сокращении их числа.

Таблица 1

Динамика линейного роста картофеля (см)

Дата измерений	1976 г.				Дата измерений	1977 г.			
	дозы препарата, мг/л					дозы препарата, мг/л			
	0	200	400	800		0	200	400	800
22/VI (день обработки)	39	38	37	38	7/VI (день обработки)	37	38	36	35
2/VII	56	52	52	49	17/VI	59	46	38	36
12/VII	67	55	55	51	27/VI	102	66	57	55
22/VII	67	56	57	52	11/VII	104	76	63	59

Примечательно, что в 1976 г. ингибирующий эффект 2-хлорэтилфосфоновой кислоты был меньше, чем в 1977 г. Так, если в 1976 г. через 10 дней обработанные растения отставали в росте от контрольных на 4 см при дозах 200 и 400 мг/л и на 7 см при дозе 800 мг/л, то в 1977 г. — соответственно на 13, 21 и 23 см. Эти различия еще более увеличились к моменту окончания активного роста надземной части (рис. 1).

Неодинаковое действие 2-хлорэтилфосфоновой кислоты на рост растений в разные годы опыта можно объяснить различным уровнем питания, а также, возможно, и неодинаковым физиологическим состоянием растений в момент их обработки.

Принято считать, что рост растений состоит из двух процессов: непрерывного последовательного деления клеток и роста вновь образующихся клеток путем растяжения [7]. Важным моментом при росте растяжением является увеличение пластичности клеточных стенок, которые состоят из целлюлозы, гемицеллюлоз и пектиновых веществ, обладающих ограниченной растяжимостью. Установлена существенная роль гидролаз в увеличении пластичности клеточных стенок [12]. При этом активность их резко возрастает при сдвиге рН в вакуолярном соке и матриксе в кислую сторону до 4—6. Следует заметить, что активация транспорта ионов H^+ , направленного из цитоплазмы в клеточную стенку, возрастает с увеличением содержания ауксина, значение которого для ростовых процессов общеизвестно [11, 12].

Принимая во внимание, что 2-хлорэтилфосфоновая кислота распадается в клетках растений с образованием этилена, являющегося антагонистом ауксинов [13, 19], можно ожидать большего ингибирования ростовых процессов ретардантом в молодых частях растений, чем в старых (у первых величина рН клеточного сока сдвинута в кислую сторону).

Что касается гиббереллинов, то они также принимают участие в ростовых процессах клеток, однако, как правило, не действуют на растяжение последних непосредственно [10].

Фенологическими наблюдениями установлено, что при дозе 2-хлорэтилфосфоновой кислоты 200 мг/л цветение картофеля начиналось позднее, чем в контроле, а при дозах 400 и 800 мг/л все бутоны опали.

Согласно гормональной теории цветения [16] в состав гормонов цветения входят две группы веществ: гиббереллины, необходимые для образования и роста цветочных стеблей, и антезины, необходимые для образования цветков. Немаловажную роль в процессе цветения играют и ауксины. При этом зацветание зависит от физиологического состояния как стеблей, по которым передвигаются метаболиты, возникающие в листьях, так и от стеблевых почек, в которых происходит формирование зачаточных цветков и листьев. Поэтому вполне возможно, что 2-хлорэтилфосфоновая кислота, выступая антагонистом гиббереллинов и аук-



Рис. 1. Состояние надземной массы у картофеля через 25 дней после обработки препаратом в дозе 200 мг/л (справа — контроль).

синов, образующихся в органах, обуславливающих цветение, может тормозить наступление цветения и вызывать опадение бутонов.

У обработанных растений листья нижнего яруса начинали желтеть и отмирать несколько раньше, чем у контрольных. По данным Ю. В. Ракитина [13], наряду с другими фитогармонами и ингибиторами роста

Т а б л и ц а 2

Урожай клубней картофеля сорта Любимец при обработке растений 2-хлорэтилфосфоновой кислотой

Дозы препарата, мг/л	1976 г.		1977 г.	
	урожай, г на сосуд	α, %	урожай, г на сосуд	α, %
0	401,8	—	643,8	—
200	403,2	+0,3	499,2	-22,5
400	385,8	-10,7	411,7	-36,1
800	363,8	-9,5	476,3	-26,0
НСР ₀₅	—	—	66,2	13,1

в регуляции процессов старения у растений принимает участие также и этилен, содержание которого в листьях увеличивается при естественном старении. Прямое действие этилена выражается в ускорении их старения. Поскольку листья нижнего яруса более старые и процессы распада здесь более интенсивны, этилен действует прежде всего на эти листья.

В дальнейшем наблюдалась совершенно противоположная картина. Листья обработанных растений последующих ярусов, особенно верхних, приобретали более интенсивную зеленую окраску по сравнению с контрольными и оставались на

растении даже в то время, когда в контроле уже начинались процессы старения и листья желтели и опали.

Усиление интенсивности зеленой окраски листьев верхних ярусов после обработки растений ретардантами отмечалось и другими авторами [3, 17, 22, 24]. Одни исследователи склонны полагать, что это происходит в результате увеличения синтеза хлорофилла и задержки старе-

Т а б л и ц а 3

Структура урожая клубней и их выход с одного растения при обработке 2-хлорэтилфосфоновой кислотой

Дозы препарата, мг/л	Фракции клубней, шт.					Всего клубней	α, %
	мелкие до 30 г	семенные		все семенных 30-80 г	крупные 80 г		
		30-50 г	50-80 г				
1976 г.							
0	3,5	4,5	2,2	6,7	—	10,5	—
200	2,7	5,8	2,5	8,3	—	11,0	+4,8
400	5,5	6,0	1,8	7,8	—	13,3	+26,7
800	8,0	5,7	1,3	7,0	—	15,0	+42,9
НСР ₀₅	—	—	—	—	—	2,4	19,6
1977 г.							
0	0,8	1,7	2,8	4,5	3,7	9,0	—
200	2,7	6,0	1,8	7,8	1,7	12,2	+35,6
400	6,9	5,3	1,5	7,8	1,5	13,7	+52,2
800	10,2	8,6	0,8	9,4	—	19,3	+114,4
НСР ₀₅	—	—	—	—	—	3,4	25,3

ния [3, 23]; по мнению других [5, 15], потемнение листьев под действием ретардантов происходит в результате подавления образования гидролитических ферментов, что ведет к задержке убыли белка и хлорофилла.

Урожай клубней у обработанных 2-хлорэтилфосфоновой кислотой растений в оба года был ниже, чем в контроле, при этом в 1977 г. различия оказались статистически достоверными (табл. 2). Следует отметить также, что продуктивность растений снижалась и с увеличением дозы препарата.

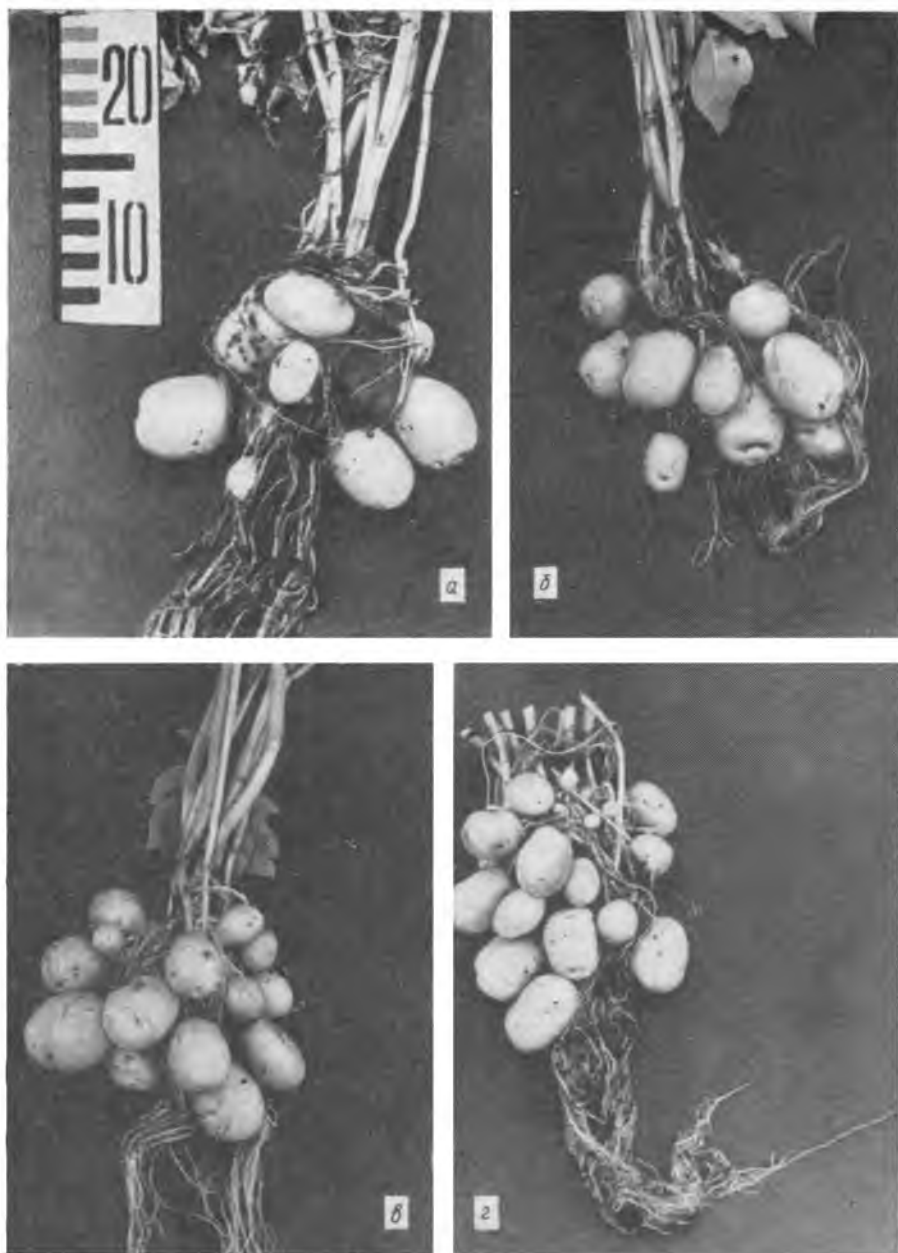


Рис. 2. Действие различных доз 2-хлорэтилфосфоновой кислоты на клубнеобразование у среднераннего сорта Любимец.
 а — контроль; б — 200 мг/л; в — 400; г — 800 мг/л.

Вместе с тем было установлено стимулирующее действие ретарданта на процесс клубнеобразования, особенно сильно выразившееся в 1977 г. (табл. 3). Наблюдалось увеличение числа клубней в расчете на одно растение с увеличением дозы препарата (рис. 2).

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что при обработке растений 2-хлорэтилфосфоновой кислотой в структуре урожая с увеличением дозы препарата уменьшается количество крупных клубней и значительно увеличивается выход мелких клубней. Такое действие препарата отмечалось как при меньшей, так и при большей обеспеченности растений

элементами минерального питания. Под действием ретарданта возрос выход семенных (30—80 г) клубней, что указывает на перспективность дальнейшего изучения препарата с целью определения возможности его применения при производстве семенного картофеля.

Экспериментально установлено, что процесс клубнеобразования у картофеля вызывается генетическими факторами и создающимися в ходе роста и развития внутренними условиями, которые приводят к реализации генетической способности клубнеобразования [14]. Ряд исследователей [20, 22, 25] предполагают, что процесс клубнеобразования регулируется балансом между фитогормонами и ингибиторами. При этом отмечается, что гиббереллины подавляют клубнеобразование и способствуют росту побегов. Можно предположить, что этилен как эндогенный регулятор роста, проявляющий антагонизм в отношении действия гиббереллинов, определенным образом участвует в процессах клубнеобразования.

Выводы

1. В условиях вегетационного опыта обработка растений ретардантом 2-хлорэтилфосфоновой кислотой привела к заметному снижению активности роста надземной части картофеля. При этом уменьшение длины стеблей определялось в большей степени сокращением длины междоузлий и в меньшей — сокращением их числа.

2. При дозе ретарданта 200 мг/л фаза цветения наступала позднее, чем в контроле, а при дозах 400 и 800 мг/л наблюдалось полное опадение бутонов.

3. Количество клубней при обработке растений 2-хлорэтилфосфоновой кислотой существенно возрастало, однако при этом уменьшались их размеры и масса, что приводило к снижению общего урожая. При дозах препарата 200—400 мг/л увеличивался выход клубней семенной фракции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., «Колос», 1973. — 2. Вильде Р. Применение этрела при возделывании различных культур. «Сельск. хоз-во за рубежом». Растениеводство, 1973, № 4, с. 14—19. — 3. Задорожный В. З. Физиолого-биохимическое обоснование комплексного использования удобрений и ингибиторов роста при вскорневых подкормках картофеля. Автореф. канд. дис. Харьков, 1970. — 4. Зыкин А. Г. Вирусные болезни картофеля. Л., «Колос», 1976. — 5. Клячко Н. Л., Кулаева О. Н. Факторы старения и омоложения листьев. В кн.: Биология развития растений. М., «Наука», 1975, с. 214—227. — 6. Кабачник М. И. Исследования в области фосфорорганических соединений. «Изв. АН СССР». ОХН. 1946, № 3, с. 295; 1948, № 1 с. 95. — 7. Максимов Н. А. Ростовые вещества, природа их действия и практическое применение. В кн.: Успехи современной биологии. Т. 22. М., Изд-во АН СССР 1946, с. 161—180. — 8. Маштаков С. М., Деева В. П., Шейкина Н. М. Действие хлорхлинхлорида на некоторые сорта картофеля. «Агрехимия», 1972, № 2, с. 141—143. — 9. Мельников Н. Н., Тутури-

на Н. И. Синтетические регуляторы роста растений. «Химия в сельск. хоз-ве», 1975, № 11, с. 41—48. — 10. Муромцев Г. С., Агнистикова В. Н. Гормоны растений — гиббереллины. М., «Наука», 1973. — 11. Полевой В. В., Мало А., Федосеенко А. А. Влияние ауксина и некоторых катионов на распад РНК в отрезках мезокотилей кукурузы и в гомогенатах. «Физиол. растений», 1973, т. 20, вып. 3, с. 499. — 12. Полевой В. В., Саламатина Т. С. Механизмы регуляции растительных клеток. В кн.: Биология развития растений. М., «Наука», 1975, с. 111—126. — 13. Ракитин Ю. В. Химические регуляторы роста растений. «Вестн. АН СССР», 1965, т. 8, с. 27—34. — 14. Рубин Б. А. Физиология с.-х. растений. Изд-во МГУ, 1971, т. 12. — 15. Хрянин В. Н., Хрянина Т. М. Действие хлорхлинхлорида и гиббереллина на рост и развитие растений. В кн.: Рост растений и пути его регулирования. М., 1976, с. 111—115. — 16. Чайлахян М. Х. Целостность и дифференцированные модели цветения растений. В кн.: Биология развития растений. М., «Наука», 1975, с. 24—48. — 17. Barelav G. M. "Res. in Life Sci.", 1971, vol. 19, N 2, p. 24—28. —

18. Bodlaender K. B. A. a. Algra S. "Eur. Potato J.", 1966, vol. 9, N 4, p. 242—256. — 19. Burg S. Proc. Nat. Acad. Sci. USA", 1973, vol. 70, N 2, p. 591. — 20. Garcia-Torres L., Gomez-Campo C. "Potato Res.", 1972, vol. 15, p. 76—80. — 21. Garcia-Torres L., Gomez-Campo C. "Potato Res.", 1973, vol. 16, N 1, p. 73—79. — 22. Okazawa Y., Chapman H. W. "Physiol. Plant.", 1962, vol. 15, p. 413—420. — 23. Rodwan A. A., El-Fouly M. M., Garas N. A. "Potato Res.", 1971, vol. 14, N 4, p. 173—180. — 24. Singh G. "Res. in Life Sci.", 1970, vol. 18, N 8, p. 38—43. — 25. Smith O. E., Rappart L. "Am. Potato J.", 1969, vol. 46, p. 185—191. — 26. Warner I., Leopold. "Plant Physiol.", 1969, vol. 44, p. 56—58. — 27. Yang S., "Plant Physiol", 1969, vol. 44, p. 1203—1204.

Статья поступила 15 февраля 1978 г.

SUMMARY

Greenhouse experiments were conducted at the Field Experiment station of the Timiryazev Academy in 1976—1977. It has been found that 2-chlorethylphosphonic acid slows down the growth of plants, delays the beginning of blossoming phase and hastens the dying of lower leaves.

The number of potato tubers increases considerably due to treatment with retardant, their size and mass getting smaller. With higher doses of NPK, the stimulating effect of the preparation becomes more intensive. The application of 2-chlorethylphosphonic acid is promising from the point of view of stimulating the tuber formation and increasing the yield of seed fraction tubers.