

Способ регуляции содержания фенольных соединений в растениях

УДК 581.192



Александр Волюнец,
главный научный сотрудник
лаборатории физиологии патогенеза
и болезнеустойчивости растений
Института экспериментальной ботаники
им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси,
доктор биологических наук, профессор

Считается, что лучшим регулятором содержания фенольных соединений в растениях являются фитогормоны, способные стимулировать накопление если не всех, то очень многих метаболитов растений. Правда, проверка этой способности не дала однозначного ответа. Оказалось, что фитогормоны часто снижали, а не стимулировали образование фенольных соединений [1]. К тому же известные фитогормоны способны инaktivироваться под влиянием внешних и внутренних факторов, тогда как для регуляции содержания фенольных соединений предпочтительно использование устойчивых регуляторов роста пролонгированного действия. К таковым можно отнести ауксиноподобный гербицид 2М-4Х и новую группу фитогормонов – стероидных гликозидов [2, 3].

Интерес к фенольным соединениям не случаен. Они обладают комплексом ценных фармакологических свойств и многосторонним действием, весьма полезным для человека и животных: защищают организм человека (кожу, сосуды и внутренние органы) от УФ, радиации, тяжелых металлов; нейтрализуют

свободные радикалы; обладают антиоксидантной активностью [4]; входят в число самых распространенных соединений овощных и плодово-ягодных культур, употребляемых в пищу человеком в большом количестве в свежем виде, а также в виде лекарственных препаратов, пищевых добавок и напитков [1]. Для растений фенольные соединения – прежде всего защита от многих стрессов, в том числе от грибной инфекции.

Нами с коллегами был выполнен ряд исследований, чтобы выяснить оптимальные условия накопления этих веществ в разных растениях под влиянием ауксиноподобных фиторегуляторов пролонгированного действия [5, 6].

В опытах использовали культуры разного хозяйственного назначения: пищевого (яровая пшеница), кормового (люпин желтый) и технического (лен-долгунец). Люпин и лен-долгунец обрабатывали гербицидом 2М-4Х в дозе 1,6 кг/га соответственно в фазах «елочка» и интенсивного роста способом опрыскивания, а растения пшеницы – стероидными гликозидами (капсикозидом и капсикозином) в дозах 1 и 10 мг/л в фазе молочной спелости семян. Анализ

Вариант	Фаза спелости	Содержание			
		гликозидов		агликона трицина	
		мкг/г	%	мкг/г	%
Контроль (вода)	восковая	78,4	100,0	54,2	100,0
Капсикозид, 1 мг/л		95,7	122,0	65,6	121,1
Капсикозид, 10 мг/л		95,8	122,1	59,8	110,4
Капсикозин, 1 мг/л		203,1	259,0	105,0	193,7
Капсикозин, 10 мг/л		200,9	256,2	96,0	177,2
Контроль (вода)	полная	89,1	100,0	43,4	100,0
Капсикозид, 1 мг/л		93,7	105,1	37,3	85,9
Капсикозид, 10 мг/л		114,6	128,5	70,3	161,7
Капсикозин, 1 мг/л		208,0	233,4	105,0	241,9
Капсикозин, 10 мг/л		362,7	406,9	115,6	266,4

Таблица 1. Влияние стероидных гликозидов на содержание флавоноидных соединений в зерне пшеницы сорта Белорусская 80

Орган растения	Экспозиция 7 суток			Экспозиция 15 суток		
	Контроль	2М-4Х	% к контролю	Контроль	2М-4Х	% к контролю
Флавоны+флавонолы						
Верхушки	39,7	37,0	96	52,0	33,0	69
Листья	8,0	10,3	129	5,7	34,0	600
Корни	1,2	1,6	131	1,0	1,3	139
Сумма	48,9	48,9	100	58,7	68,3	117
Изофлавоны						
Верхушки	0,9	2,0	225	1,0	4,5	429
Листья	0,7	2,1	293	1,2	8,0	640
Корни	0,9	1,8	209	2,7	5,1	190
Сумма	2,5	5,9	239	5,9	17,6	353

Таблица 2. Влияние гербицида 2М-4Х на суммарное содержание флавоноидных гликозидов в отдельных органах люпина сорта Боровлянский кормовой, мг/г сухой массы

Гликозид	Экспозиция 7 суток			Экспозиция 15 суток		
	Контроль	2М-4Х	% к контролю	Контроль	2М-4Х	% к контролю
Рутин	0,17	0,39	229	0,21	0,68	324
Изорамнетин-3-0-рутинозид	0,27	0,29	108	0,27	0,89	330,
Ройфолин	6,50	7,61	117	4,43	28,89	655
Кемпферол-3-0-рамногликозид	0,68	1,36	200	0,58	2,45	423
Изокверцетин	0,12	0,22	183	0,09	0,58	644
Изорамнетин-3-0-гликозид	0,15	0,20	133	0,06	0,12	200
Астрагалин	0,10	0,20	200	0,04	0,43	1075

Таблица 3. Действие гербицида 2М-4Х на содержание индивидуальных флавоновых и флавоноловых гликозидов в листьях люпина сорта Боровлянский кормовой, мг/г сухой массы

фенольных соединений проводили методом двумерной хроматографии на бумаге [5].

Обработка растений пшеницы стероидными гликозидами вызывала накопление флавоноидных гликозидов и агликона трицина в зерне (табл. 1). При этом максимальное содержание флавоноидных гликозидов достигало 406,9%, агликона трицина – 266,4%. Лучший эффект давал капсикозин.

У растений люпина гербицид 2М-4Х не только ингибировал рост, но и оказывал токсическое действие на точки роста (верхушки). Можно было ожидать, что это скажется на содержании фенольных соединений. Действительно, количество собственно флавоноидов (флавоны+флавонолы) возрастало в листьях в 6 раз, тогда как в отмирающих верхушках содержание этих веществ снижалось (табл. 2). Среди флавоноидных гликозидов максимальное накопление было характерно изофлавоноидам. Оно возрастало во всех органах люпина в оба срока. Так, количество изофлавоновых гликозидов люпина под влиянием гербицида 2М-4Х увеличивалось в корнях в 2,1 раза, в верхушках в 4,3, в листьях в 6,4 раза.

Как же изменяется содержание индивидуальных флавоноидных гликозидов в растениях люпина под влиянием гербицида 2М-4Х? Эту особенность выясняли на примере листьев люпина как основных органов локализации и накопления фенольных соединений.

Обработка растений люпина гербицидом 2М-4Х повышала содержание всех индивидуальных гликозидов флавонола и флавонола в листьях (табл. 3). При этом относительная доля флавонового гликозида ройфолина и флавоноловых гликозидов кемпферола и кверцетина возрастала в большей степени, чем флавоно-

лового гликозида изорамнетина. Так, если содержание изорамнетина в листьях люпина увеличивалось в 2–3 раза, кверцетина в 3,2–6,4 раза, ройфолина в 6,5 раза, то кемпферола в 4,2–10,7 раза.

Не были исключением и растения льна-долгунца, обработка которых гербицидом 2М-4Х активировала накопление фенольных соединений в листьях (наибольший уровень) и стеблях и только частично в верхушках (табл. 4). В последних повысилось содержание только хлорогеновой кислоты и оксикумаринов (эскулина и эскулетина), тогда как количество гликозидов апитенина (виценины 1, 2 и 3, витексин, изовитексин) и лютеолина (люценины 1, 2 и 3, ориентин, изоориентин) снижалось. Увеличение экспозиции

с 7 до 15 суток способствовало более высокому накоплению фенольных соединений. То есть действие гербицида на разные группы этих веществ неоднозначно. Максимально отзывчивыми оказались оксикумарины, содержание которых увеличивалось в 2–3 раза, хлорогеновой кислоты – до 190%, флавоноидных гликозидов – до 174%.

Повышение содержания фенольных соединений в разных видах культурных растений связано с рядом условий. При токсическом действии гербицида 2М-4Х можно ожидать, что будет ингибироваться биосинтез белка, возрастать пул свободных аминокислот, увеличиваться активность ферментов биосинтеза фенольных соединений, происходить накопление моносахаров – создаваться благоприятная среда для биосинтеза фенольных структур и последующего их гликозидирования [6]. Если стимуляция фенольного обмена при гербицидном действии связана с ингибированием основного обмена, то при воздействии новыми фитогормонами имеет место активация как основного, так и вторичного обмена веществ [2], т.е. пути накопления фенольных соединений в одном и другом случаях будут неоднозначные.

Таким образом, разработан способ регуляции содержания фенольных соединений в растениях разного хозяйственного назначения: с использованием ауксиноподобных фиторегуляторов пролонгированного действия, способных повышать суммарное содержание этих веществ в несколько раз, а инди-

Вариант	Экспозиция 7 суток					Экспозиция 15 суток				
	Группа веществ*									
	1	2	3	4	сумма	1	2	3	4	сумма
Верхушки растений										
Контроль	6,0	12,4	2,3	0,7	21,4	9,1	15,2	3,1	0,8	28,2
2М-4Х	4,2	10,2	2,9	1,9	18,3	5,3	11,7	4,3	1,7	23,0
% к контролю	70	82	126	270	81	58	77	139	213	82
Листья										
Контроль	5,1	8,6	2,0	0,6	16,3	6,5	12,7	2,4	0,6	22,2
2М-4Х	8,0	15,0	3,8	1,2	25,0	10,1	15,9	4,6	1,8	32,4
% к контролю	157	174	190	200	150	155	125	182	300	146
Стебли										
Контроль	1,2	2,1	0,4	0,1	3,8	1,6	3,2	0,5	0,5	5,8
2М-4Х	1,4	3,3	0,5	0,3	5,5	1,8	3,8	0,6	0,4	6,6
% к контролю	117	157	125	300	140	113	118	120	253	114

Таблица 4. Накопление фенольных соединений в растениях льна-долгунца сорта Л-1120 под влиянием гербицида 2М-4Х (в мг/г сухой массы)

*1 – апитенин-гликозиды, 2 – лютеолин-гликозиды, 3 – хлорогеновая кислота, 4 – оксикумарины

видуальных соединений – многократно. В качестве таких регуляторов можно применять ауксиноподобный гербицид 2М-4Х или новые фитогормоны – стероидные гликозиды соответственно в ростоингибирующей и ростостимулирующей концентрациях в период массового формирования листьев и плодов.

Предложенный способ повышает болезнеустойчивость растений, качество зерна и биомассы, что важно при выращивании зерновых культур, овощных, плодово-ягодных и лекарственных растений в целях повышения пищевой ценности продуктов и кормов, а также обогащения лекарственного сырья биологически активными веществами. ■

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Запроматов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. – М., 1993.
2. Вольнец А.П. Стероидные гликозиды – новые фитогормоны гормонального типа / А.П. Вольнец, В.П. Шуканов, С.Н. Полянская. – Мн. 2003.
3. Вольнец А.П. О физиологическом статусе некоторых стероидных гликозидов растений / А.П. Вольнец, В.П. Шуканов, С.Н. Полянская // Докл. НАН Беларуси. 2017. Т. 61, №3. С. 73–77.
4. Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты / под ред. Н.В. Загоскиной, Е.Б. Бурлаковой. – М., 2010.
5. Вольнец А.П. Взаимодействие эндогенных регуляторов роста и гербицидов / А.П. Вольнец. – Мн., 1980.
6. Маштаков С.М. Физиологическое действие некоторых гербицидов на растения / С.М. Маштаков, В.П. Деева, А.П. Вольнец [и др.]. – Мн., 1971.