

## ФІЗІОЛОГІЯ І БІОХІМІЯ РОСЛИН

УДК 581.14:631.547

### ВЛИЯНИЕ 12-ГИДРОКСИДОДЕКАНОВОЙ КИСЛОТЫ НА РОСТ, АМИЛАЗНУЮ АКТИВНОСТЬ И БЕЛКОВЫЕ СПЕКТРЫ У ГОРОХА (*PISUM SATIVUM* L.)

© 2007 г. А. Б. Иванова, А. Ю. Ярин, Л. Л. Анцыгина

*Казанский институт биохимии и биофизики*

*Казанского научного центра Российской академии наук*

*(Казань, Россия)*

Изучено влияние 12-гидроксидодекановой кислоты (12-ОДК) на ростовые показатели у гороха при этиоляции и освещении, а также на синтез белка и активность амилаз. Предполагается, что увеличение прорастания семян в опытных вариантах связано с повышением амилазной активности. Начиная с 7 сут, у этиолятов преобладал рост эпикотилей по сравнению с корнями (12-ОДК -  $10^{-9}$  М). Параллельный электрофоретический анализ полипептидных фракций органов (7 сут) показал, что в спектре белков опытных образцов этиолятов отсутствовали фракции с ММ 77 kD у корней и 34 kD у эпикотилей, присутствующие в контроле. Предполагается участие белков этих фракций в координации сбалансированного роста растений. Повышение уровня полипептидной фракции 22,5 kD в опытных вариантах (2 сут, зародышевые оси) в условиях освещения дает основания предполагать участие белков этой фракции в осуществлении контроля над инициацией ростовых процессов.

**Ключевые слова:** *Pisum sativum* L., липоксигеназное окисление, 12-гидроксидодекановая кислота, рост, амилаза, белковые спектры

Рост – интегральное явление в жизни растений – подвержен влиянию внешних условий и зависит от эндогенных факторов, в том числе оксипинов – продуктов окисления полиеновых жирных кислот. Многие оксипины – биорегуляторы, корректирующие действие фитогормонов при осуществлении контроля над клеточным метаболизмом [1]. В сложных сетях сигнальных взаимодействий фитогормоны регулируют рост, развитие и ответы на биотические и абиотические стрессоры [25]. Среди оксипинов выделяют класс жасмоноидов – пентациклических соединений, признанных гормонами; они довольно хорошо изучены [26]. Им отводится роль стрессовых факторов, ускоряющих процессы развития [23]. Жасмоноиды могут индуцировать старение, опадение листьев и ингибировать прорастание [11]. Действие жасмоноидов

на рост зависит от концентрации [15]. Есть данные о сходстве эффектов контроля различных этапов роста и развития растений между жасмоноидами и ауксинами [17]. Авторами показано, что жасмоновая кислота и ИУК промотируют рост и деление клеток; оба гормона вовлечены в перераспределение микротрубочек – важный этап клеточной элонгации.

Известно, что деление, растяжение, дифференцировка клеток сопряжены с биохимической активностью [6], ведущая роль в которой принадлежит белковому синтезу. Есть данные, что под влиянием оксипинов жасмоноидного ряда экспрессируются гены, кодирующие запасные белки [19], белки, входящие в состав клеточных стенок, и стресс-протектанты [27]. Также индуцируется синтез белков, связанных с трансдукцией сигналов, в том числе, липоксигеназы и кальмодулина [9], экспрессируются гены, вовлеченные в фотосинтез [13].

Для более полного понимания роли оксипинов представляет интерес изучение их действия на активность ключевых ферментов метаболизма (в частности,  $\alpha$ -амилазы);  $\alpha$ -амилаза (КФ 3.2.1.1.) рассматривается в литературе как основной фермент гидролиза крахмала, с активностью которого связано прорастание и последующий рост проростков [20, 24]. Вовлечение оксипинов в регуляцию  $\alpha$ -амилазной активности в процессе прорастания почти не изучено [2, 10]. Полученные нами данные по изменению спектрального состава белков под влиянием метилжасмоната [3] и этеролево́й кислоты [2], а также амилазной активности при действии последней, дают основания полагать, что изменение их спектрального состава и функциональная активность белков могут находиться под контролем действия оксипинов. Поэтому мы продолжили исследования в этом направлении с 12-гидроксидодекановой кислотой (12-ОДК), выделенной в нашей лаборатории [12].

Целью настоящей работы было изучение влияния высоких ( $10^{-6}$  М) и низких ( $10^{-9}$  М) концентраций 12-ОДК на аμιлолитическую активность в процессе прорастания семян, электрофоретический спектр белков корней и эпикотилей гороха, выращенного в условиях этиоляции и освещения, сопоставление белковых спектров с ростовыми показателями, поиск связи между спектральными изменениями и ростовой активностью исследуемых органов.

## **МЕТОДИКА**

За процессом роста наблюдали на протяжении 12 сут. Длину корней и эпикотилей световых (3.5 тыс. люкс, 16 часовой светопериод) и темновых вариантов гороха определяли на 3, 5, 7, 9, 10, 11, 12 сут.

Активность амилаз анализировали спектрофотометрически по количеству негидролизованного крахмала [7].

Определение ростовых показателей и амилазной активности проводили дважды (биологические повторности). Каждый вариант опыта состоял из 3-х аналитических повторностей. Одна аналитическая повторность при определении ростовых характеристик составляла 70-100 объектов измерения. Доверительные интервалы при  $P_{05}$  рассчитывали на основании стандартных ошибок (бары на рисунках означают доверительные интервалы). Достоверность данных по определению роста-

вой активности подтверждает уровень надежности результатов. В условиях освещения: для корней – [ $10^{-9}$  М]  $\approx$  90-95%, [ $10^{-6}$  М]  $\approx$  95-99%; для побегов – [ $10^{-9}$  М], [ $10^{-6}$  М]  $\approx$  90-95%. В условиях этиоляции: для корней - [ $10^{-9}$  М], [ $10^{-6}$  М]  $\approx$  90-95%; для эпикотилей [ $10^{-9}$  М]  $\approx$  95-99%, [ $10^{-6}$  М]  $\approx$  90-95%. Для амилазной активности [ $10^{-9}$  М], [ $10^{-6}$  М]  $\approx$  95-99%.

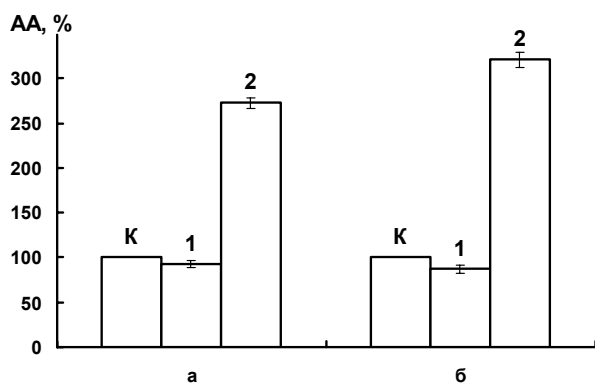
Образцы для электрофоретического анализа белков из зародышевых осей, корней и эпикотилей гороха (12 сут экспозиция) готовили по описанной методике [2]. Ступенчатый электрофорез [16] проводили на аппарате для вертикального электрофореза (Helicon, Россия). В таблице приведены данные обсчета с помощью компьютерной программы Scion Image ([www.scioncorp.com](http://www.scioncorp.com)) наиболее характерных пиков полученных электрофореграмм. Для электрофореза использовали реактивы фирмы «Sigma» США.

Использованный в работе оксипин 12-ОДК нерастворим в воде, но растворим в этаноле и диметилсульфоксиде (ДМСО); выбор растворителя (ДМСО) был обоснован нами ранее [4]. В контроль добавляли равное опытному варианту количество растворителя.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

Поскольку в литературе имеются сообщения об увеличении активности ферментов липоксигеназного метаболизма при прорастании семян [18, 22], вероятно участие оксипинов в этом интегральном процессе. Ранее [4] мы уже отмечали, что низкие ( $10^{-9}$  М) и высокие ( $10^{-6}$  М) концентрации 12-ОДК почти одинаково (двукратно по сравнению с контролем) увеличивали количество проросших семян после суточной экспозиции. В связи с этим интересны данные по влиянию тех же концентраций 12-ОДК на амилазную активность в прорастающих семенах гороха через 1 и 2 сут экспозиции (рис. 1). Незначительное, хотя и достоверное снижение активности амилаз под влиянием оксипина ( $10^{-9}$ ,  $10^{-6}$  М) по сравнению с контролем в первые сутки могло привести к некоторому уменьшению образования глюкозы (субстрата дыхания в зоне запасных веществ и в области роста). Возможно, это явилось одной из причин ослабления влияния 12-ОДК на прорастание и уменьшения процента проросших семян во время экспозиции (28-40 чч) [4]. Некоторое падение энергетического потенциала семян в этот период, вероят-

## ВЛИЯНИЕ 12-ГИДРОКСИДОДЕКАНОВОЙ КИСЛОТЫ



**Рис. 1. Влияние 12-ОДК на амилазную активность прорастающих семян гороха:** а –  $10^{-9}$ М, б –  $10^{-6}$ М; К – контроль, 1 – 1 сут, 2 – 2 сут.

но, связано с тем, что  $\alpha$ -амилаза играет определяющую роль в мобилизации энергетических ресурсов, запасенных в нерастворимых гранулах крахмала [8, 14]. Резкое повышение амилазной активности под влиянием 12-ОДК ( $10^{-9}$ ,  $10^{-6}$  М) через двое суток могло быть причиной почти одинакового повышения уровня проросших семян (на 6-7%) относительно контроля в конце экспозиции (начиная с 44 ч) [4]. Влияние оксипипина на амилитическую активность может быть прямым и опосредованным. В первом случае – это влияние на фосфорилирование ферментов [5], в частности, гидролитических, обуславливающее изменение их активности; в последнем случае, это влияние связано с образованием гиббереллина в зародышах, который координирует синтез амилаз в эндосперме [10]. Не исключена возможность оксипипинового контроля над поступлением в семена воды, способствующей активации ферментных систем.

Известно, что соотношение массы побега и корня растений детерминировано генетически [21]. Изучения требуют детали механизма, контролирующего сбалансированный рост надземных и подземных органов.

Определение длины корней и эпикотилей гороха в условиях этиоляции после воздействия 12-ОДК ( $10^{-9}$  М,  $10^{-6}$  М) показало различную чувствительность органов к оксипипину. Установлено (табл. 1), что в отсутствие освещения низкая концентрация вещества угнетала рост корней на 3, 10, 12 сут (на 13, 12, 14% соответственно). Высокая концентрация в целом менее выражено снижала их ростовую активность – преимущественно на 7, 9, 12 сут (на 8, 8, 9% соответственно). На рост эпикотилей оксипипин особого влияния не оказывал, за исключением 7 сут (резкое увеличение ростовой активности при [ $10^{-9}$  М] - на 21%, при [ $10^{-6}$  М] - на 25%). Некоторое усиление роста эпикотилей (на 1-8%) по сравнению с контролем продолжалось вплоть до окончания эксперимента (12 сут). Весьма заметным было преобладание ростовой активности эпикотилей по отношению к росту корней под действием оксипипина, начиная с 7-х сут. Оно доходило в среднем до 25% при наномолярной концентрации регулятора, и до 30% - при микромолярной концентрации.

Весьма заметным было преобладание ростовой активности эпикотилей по отношению к росту корней под действием оксипипина, начиная с 7-х сут. Оно доходило в среднем до 25% при наномолярной концентрации регулятора, и до 30% - при микромолярной концентрации.

Таблица 1

**Влияние 12-ОДК на рост корней и эпикотилей гороха в условиях этиоляции**

Время, сут	Вариант	контроль	12-ОДК, $10^{-9}$ М		12-ОДК, $10^{-6}$ М	
		Длина, см	Длина, см	% к контролю	Длина, см	% к контролю
3	корень	1,88 ± 0,06	1,64 ± 0,04	87	1,81 ± 0,07	96
	эпикотиль	3,98 ± 0,18	4,10 ± 0,16	103	3,86 ± 0,14	97
5	корень	1,71 ± 0,08	1,69 ± 0,08	99	1,59 ± 0,06	93
	эпикотиль	7,23 ± 0,21	6,93 ± 0,31	96	6,68 ± 0,21	92
7	корень	4,71 ± 0,15	5,74 ± 0,16	121	5,91 ± 0,24	125
	эпикотиль	8,59 ± 0,18	8,32 ± 0,15	97	7,89 ± 0,25	92
9	корень	12,47 ± 0,52	12,90 ± 0,48	103	13,29 ± 0,33	107
	эпикотиль	10,07 ± 0,16	8,89 ± 0,24	88	10,63 ± 0,21	105
10	корень	16,89 ± 0,35	18,03 ± 0,36	108	17,68 ± 0,29	105
	эпикотиль	11,98 ± 0,12	11,37 ± 0,62	95	11,94 ± 0,18	100
11	корень	22,72 ± 0,27	22,66 ± 0,75	100	23,40 ± 0,34	103
	эпикотиль	13,30 ± 0,19	11,46 ± 0,29	86	12,16 ± 0,12	91
12	корень	24,39 ± 0,45	24,65 ± 0,58	101	26,45 ± 0,32	108
	эпикотиль					

Таблица 2

Влияние 12-ОДК на рост корней и побегов гороха в условиях освещения

Время, сут	Вариант	контроль	12-ОДК, $10^{-9}$ М		12-ОДК, $10^{-6}$ М	
		Длина, см	Длина, см	% к контролю	Длина, см	% к контролю
3	корень	1,54 ± 0,09	1,75 ± 0,08	114	1,75 ± 0,08	114
5	корень	3,83 ± 0,14	4,27 ± 0,24	111	4,5 ± 0,08	117
	побег	1,43 ± 0,08	1,34 ± 0,05	94	1,16 ± 0,04	81
7	корень	7,19 ± 0,18	7,36 ± 0,21	102	6,26 ± 0,42	87
	побег	4,11 ± 0,16	4,44 ± 0,24	108	4,36 ± 0,19	106
9	корень	9,98 ± 0,26	9,17 ± 0,24	92	8,52 ± 0,20	85
	побег	9,86 ± 0,65	11,14 ± 0,45	113	11,36 ± 0,44	115
10	корень	11,36 ± 0,19	11,24 ± 0,21	99	11,43 ± 0,1	101
	побег	13,04 ± 0,4	12,86 ± 0,31	99	13,34 ± 0,22	102
11	корень	11,49 ± 0,19	11,37 ± 0,16	99	11,50 ± 0,11	100
	побег	17,07 ± 0,32	16,39 ± 0,29	96	16,50 ± 0,37	97
12	корень	11,85 ± 0,14	11,66 ± 0,14	98	11,57 ± 0,22	98
	побег	19,79 ± 0,34	19,01 ± 0,32	96	19,36 ± 0,26	98

Таблица 3

Влияние 12-ОДК на электрофоретический спектр белков, выделенных из зародышевых осей гороха в условиях освещения и этиоляции (2 сут)

Вариант	контроль	12-ОДК, $10^{-9}$ М	12-ОДК, $10^{-6}$ М
	Молекулярная масса полипептидов, kD		
свет	14; 17; 22,5; 25,5; 29; 39,5; 47; 72; 88	↑22,5	↑22,5
этиоляция	14; 17; 22,5; 25,5; 29; 39,5; 47; 72; 88	Видимых изменений нет	Видимых изменений нет

Примечание: Здесь и в табл. 4, 5, 6: ↑ - увеличение содержания, ↓ - уменьшение содержания соответствующих полипептидов.

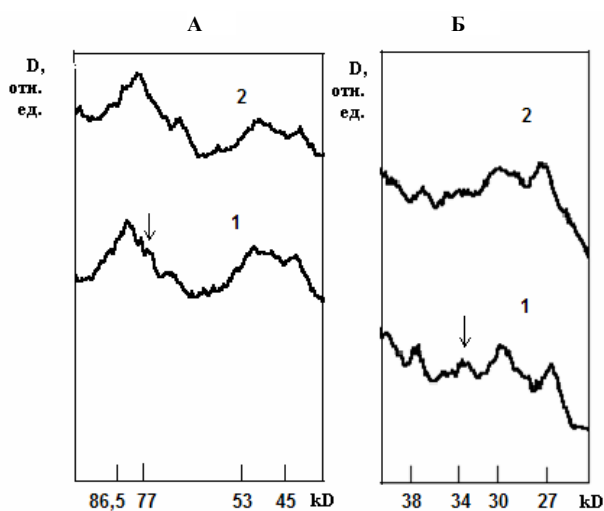


Рис. 2. Влияние 12-ОДК ( $10^{-9}$ М) на электрофоретический спектр белков, выделенных из корней (А) и эпикотилей (Б) гороха (7 сут; буфер-растворимая фракция): 1 – контроль, 2 – опыт.

При освещении (табл. 2) стимуляция роста корней 12-ОДК на 3, 5 сут ( $[10^{-9}$  М] – на 14% и 11% соответственно, а  $[10^{-6}$  М] – на 14% и 17% соответственно) сменялась угнетением на 7 сут ( $[10^{-6}$  М] на 13%) и на 9 сут ( $[10^{-9}$  М] – на 8%, а  $[10^{-6}$  М] – на 15%). В отличие от корней, рост побегов на 5 сут снижался ( $[10^{-9}$  М] – на 6%,  $[10^{-6}$  М] – на 19%), а к 9 сут увеличивался ( $[10^{-9}$  М] – на 13%,  $[10^{-6}$  М] – на 15%). Следует отметить, что на свету во второй половине экспозиции дисбаланса между ростом побегов и корней не наблюдалось. На 10-12 сут ростовая активность обоих органов находилась почти на уровне контроля, свидетельствуя о видимом отсутствии влияния оксипипина. В целом, можно отметить, что влияние 12-ОДК на ростовую активность корней и эпикотилей гороха, выращенных в условиях этиоляции и освещения, зависело от концентрации оксипипина и момента определения (сут) ростовых показателей.

Параллельно проведенный электрофоретический анализ буфер-экстрагируемых фракций белков из зародышевых осей, корней и

**ВЛИЯНИЕ 12-ГИДРОКСИДОДЕКАНОВОЙ КИСЛОТЫ**

Таблица 4

**Влияние 12-ОДК на полипептидный состав фракций из корней и эпикотилей гороха  
в условиях этиоляции**

Время, сут	Вариант	контроль	12-ОДК, 10 <sup>-9</sup> М	12-ОДК, 10 <sup>-6</sup> М
		Молекулярная масса полипептидов, kD		
3	корни	19,5; 23; 26,5; 35; 39; 53; 90,5	↓26,5;	↓23; 26,5; 35
	корни	21; 26; 32; 36; 41; 52; 87	↑21; 87	↑21; 87
5	эпикотили	21; 26; 32; 36; 41; 52; 87	↓52	↓26
	корни	27; 30; 34; 38; 45; 53; 77; 86,5	Нет ПП с ММ 77 кД	↓27; 30; 38
7	эпикотили	27; 30; 34; 38; 45; 53; 77; 86,5	↓53 Нет ПП с ММ 34 кД	↓27; 30; 38; 53
	корни	29,5; 32; 36; 39; 42; 47; 53; 88	↓29,5; 32; 42	↓29,5; 32; 42
10	эпикотили	29,5; 32; 36; 39; 42; 47; 53; 88	↑32 ↓29,5	Видимых изменений нет
	корни	26; 29,5; 33; 37; 41; 45,5; 57; 89	Видимых изменений нет	↓29,5
11	эпикотили	26; 29,5; 33; 37; 41; 45,5; 57; 75; 89	↓29,5; 75	↓29,5

Таблица 5

**Влияние 12-ОДК на полипептидный состав фракций из корней и побегов гороха  
в условиях освещения**

Время, сут	Вариант	контроль	12-ОДК, 10 <sup>-9</sup> М	12-ОДК, 10 <sup>-6</sup> М
		Молекулярная масса полипептидов, kD		
3	корни	19,5; 23; 26,5; 35; 39; 46,5; 53; 90,5	↑46,5; 53 ↓23	↑53 ↓23
	корни	29; 33; 36; 39,5; 54; 84	Видимых изменений нет	↑29; 33; 54
5	побеги	29; 33; 36; 39,5; 54; 84	↓29	↓29; 33
	корни	27; 29; 32; 36; 38; 52; 89	↑89	↑89 ↓29
7	побеги	27; 29; 32; 36; 38; 52; 89	↑29	↑27; 29
	корни	23,5; 25; 28; 32; 35; 38,5; 54; 87	↑32; 38,5; 54; 87	↑32; 38,5; 54; 87
9	побеги	23,5; 25; 28; 31,5; 38; 54; 84	Видимых изменений нет	↑84 ↓28; 31,5; 54
	корни	27; 29; 33; 36,5; 39,5; 56; 91	↑29	↑29
10	побеги	26; 29; 33; 39; 53,5	↑33; 39; 53,5	↑33; 39; 53,5 ↓26
	корни	23; 25; 29; 31,5; 36; 39; 42; 53; 89	↓53	↓36; 42
11	побеги	27,5; 32; 38; 54,5	Видимых изменений нет	↑54,5
	корни	29; 33; 37; 39; 43; 56; 86	↑56; 86	Видимых изменений нет
12	побеги	28; 29,5; 33; 39; 53	↓39; 53	↓39; 53

эпикотилей гороха темновых (табл. 3, 4) и световых (табл. 3, 5) вариантов при воздействии низких и высоких концентраций биорегулятора выявил изменения в соотношении содержания некоторых высоко- и низкомолекулярных полипептидных фракций в ходе эксперимента. Хотя определенной закономерности этих изменений установить не удалось, следует отметить, что у этиолятов отсутствовала фракция с молекулярной массой 77 kD в корнях (рис. 2А) и 34 kD в эпикотилиях (рис. 2 Б) на 7 сут (12-ОДК –  $10^{-9}$  М). Интересно, что в контроле и в опыте световых вариантов 7 сут растений, а также во всех световых и темновых вариантах других временных интервалов данные белки отсутствовали. В связи с данными по ростовой активности органов на 7 сут этиоляции (табл. 1), когда происходили существенные изменения в соотношении роста корней и эпикотилей под влиянием низкой концентрации регулятора, представляет интерес изучение роли индивидуальных белков этих фракций в обеспечении баланса ростовых процессов между подземной и надземной частями растения в условиях этиоляции. Опираясь на данные табл. 3, можно отметить, что в условиях освещения обе концентрации 12-ОДК повышали уровень полипептидной фракции 22,5 kD в начале экспозиции (2 сут, зародышевые оси). Так как в литературе имеются единичные сообщения об экспрессии под воздействием оксипинов генов, вовлеченных в фотосинтез [13], можно предположить, что 12-ОДК усиливает экспрессию генов, кодирующих белки фракции 22,5 kD. Возможно, что среди них присутствуют биорегуляторы, принимающие участие в осуществлении контроля над инициацией ростовых процессов у гороха; этот вопрос нуждается в специальном изучении.

Итак, новый биорегулятор - 12-ОДК приводит к специфическим изменениям в метаболизме растений, в частности, к изменению содержания некоторых полипептидных фракций, в составе которых вероятно присутствие белков-регуляторов. Последние могут участвовать в координации роста корней и эпикотилей в условиях этиоляции, а также инициации ростовых процессов в условиях освещения.

*Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ (06-04-48430а).*

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Гречкин А.Н., Тарчевский И.А.* Липоксигеназная сигнальная система // Физиология растений. - 1999. - Т.46, № 1. - С. 132-142.

2. *Иванова А.Б., Анцыгина Л.Л., Лопухов Л.В. и др.* Изменение ростовых процессов, электрофоретического спектра и амилазной активности у гороха при воздействии этиолевой кислоты // Вісн. Харків. націон. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія. - 2003. - №3 (2). - С. 47-52.
3. *Иванова А.Б., Анцыгина Л.Л., Ярин А.Ю.* Влияние метилжасмоната на рост и белковые спектры этиолированных проростков гороха (*Pisum sativum* L.) // Там само. - 2006. - Вып. 2 (9). - С. 14-20.
4. *Иванова А.Б., Ярин А.Ю., Анцыгина Л.Л., Гречкин А.Н.* Влияние оксипинов на ростовые процессы у *Pisum sativum* L. и *Cucumis sativus* L. // Там само. - 2006. - Вып. 1 (8). - С. 44-50.
5. *Каримова Ф.Г., Тарчевский И.А., Мурсалимова Н.У., Гречкин А.Н.* Влияние продукта липоксигеназного метаболизма - 12-гидроксидодеценной кислоты на фосфорилирование белков растений // Физиология растений. - 1999. - Т. 46. - С. 148-152.
6. *Леопольд А.* Рост и развитие растений. - М.: Мир, 1968. - 494 с.
7. *Третьяков Н.Н.* Практикум по физиологии растений. - М.: Колос, 1982. - 272 с.
8. *Akazawa T., Yamaguchi J., Hayashi M.* Rise  $\alpha$ -amylase and gibberellin action – A personal view. In: Takahashi N., Phinney B.O., MacMillan J. (eds), Gibberellins. - New York: Springer-Verlag, 1990. - V.1. - P. 114-124.
9. *Bergey D.R., Ryan C.A.* Wound - and systemin - inducible calmodulin gene expression in tomato leaves // Plant Molecular Biology. - 1999. - V. 40, №5. - P. 815-823.
10. *Bialecka B., Kepczynski J.* Regulation of  $\alpha$ -amylase activity in *Amaranthus caudatus* seeds by methyl jasmonate, gibberellin A<sub>3</sub>, benzyladenine and ethylene // Plant Growth Regul. – 2003. - V. 39. - P. 51-56.
11. *Bogatek R., Come D., Corbineau F., Ranjan R., Lewak S.* Jasmonic acid affect dormancy and sugar catabolism in germinating apple embryos // Plant Physiol. Biochem.. – 2002. – V. 40. – P. 167-173.
12. *Grechkin A.N., Hamberg M.* The "heterolytic hydroperoxide lyase" is an isomerase producing a short-lived fatty acid hemiacetal // Biochim Biophys Acta. - 2004. – V. 1636, №1. – P. 47-58.
13. *Gundlach H., Zenk M.H.* Biological activity and biosynthesis of pentacyclic oxylipins: the linoleic acid pathway // Phytochemistry. - 1998. - V. 47, №4. - P. 527-537.

## ВЛИЯНИЕ 12-ГИДРОКСИДОДЕКАНОВОЙ КИСЛОТЫ

14. Jones R.L., Jacobsen J.V. Regulation of synthesis and transport of secreted proteins in cereal aleurone // *Int. Rev. Cytol.* - 1991. - V.126. - P.49-88.
15. Kovak M., Piskernik D., Ravnikar M. Jasmonic acid-induced morphological changes are reflected in auxin metabolism of beans grown *in vitro* // *Biol. Plant.* - 2003/2004. - V. 47 (2). - P. 273-275.
16. Laemmli U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of the bacteriophage T4 // *Nature.* - 1970. - V. 227, №5259. - P. 680-690.
17. Leyser O., Bryant J.A., Chiatante D. Auxin, cell division and the control of plant development // *Plant Cell Proliferation and its Regulation in Growth and Development.* - 1998. - P. 65-69.
18. Matsui K., Hijiya K., Tabuchi Y., Kajiwara T. Cucumber cotyledon lipoxygenase during postgerminative growth. Its expression and action on lipid bodies // *Plant Physiol.* - 1999. - V. 119. - P. 1279-1288.
19. Meuriot F., Noquet C., Avice J.-C. et al. Methyljasmonate alters N partitioning, N reserves accumulation and induces gene expression of a 32-kDa vegetative storage protein that possesses chitinase activity in *Medicago sativa* taproots // *Physiol. Plant.* - 2004. - V. 120. - P. 113-123.
20. Mitsui T., Itoh K. The  $\alpha$ -amylase multigene family // *Trends Plant Sci.* - 1997. - V. 2. - P. 255-261.
21. Monyo J.H., Whittington W.J. Genetic Analysis of Root Growth in Wheat // *J. Agric. Sci.* - 1970. - V. 74. - P. 329-338.
22. Olias J.M., Rias J.J., Valle M. et al. Fatty acid hydroperoxide lyase in germinating soybean seedlings // *J. Agric. Food. Chem.* - 1990. - V. 38, №3. - P. 642-630.
23. Parthier B. Jasmonates: Hormonal regulators or stress factors in leaf senescence? // *J. Plant Growth Regul.* - 1990. - V. 9, №1. - P. 57-63.
24. Sugimoto N., Takeda G., Nagato Y., Yamaguchi J. Temporal and spatial expression of the  $\alpha$ -amylase gene during seed germination in rice and barley // *Plant Cell Physiol.* - 1998. - V. 39. - P. 323-333.
25. Schmelz E.A., Engelberth J., Tumlinson J. et al. The use of vapor phase extraction in metabolic profiling of phytohormones and other metabolites // *Plant J.* - 2004. - V. 39. - P. 790-808.
26. Ueda J., Miyamoto K., Kamisaka S. Inhibition of the synthesis of cell wall polysaccharides in oat coleoptile segments by jasmonic acid: relevance to its growth inhibition // *J. Plant Growth Regul.* - 1995. - V. 14. - P. 69-76.
27. Wasternack C., Parthier B. Jasmonate-signalled plant gene expression // *Trends Plant Science.* - 1997. - V. 2, № 8. - P. 302-307.

Поступила в редакцию  
12.07.2007 г.

## THE INFLUENCE OF 12-HYDROXYDODECANIC ACID ON THE GROWTH, PROTEIN SPECTRA AND AMYLASE ACTIVITY IN PEA (*PISUM SATIVUM* L.)

A. B. Ivanova, A. Yu. Yarin, L. L. Antsygina

*Institute of Biochemistry and Biophysics,  
Kazan Science Centre, Russian Academy of Sciences  
(Kazan, Russia)*

The influence of 12-hydroxydodecanic acid (12-ODA) on the growth characteristics in pea plants under etiolating and illumination as well as on the protein synthesis and amylase activity have been studied. The increase of germination level at the end of exposition (beginning from the 44<sup>th</sup> hour) in the experimental variants is supposed to be connected with the increase of amylase activity after 48 hours. Beginning from the 7<sup>th</sup> day the dominant growth of epicotyls in comparison with roots ( $[10^{-9}$  M]) was observed. The electrophoretic analysis of polypeptide fraction of organs made in parallel, showed (7<sup>th</sup> day) that in the spectra of proteins of the experimental samples of etiolates the fraction with MM 77 kD was absent in roots and the fraction with MM 34 kD was absent in epicotyls which were present in the control. It is supposed that proteins of these fractions participate in coordination of the balanced growth of plants. The increase of PP fraction level 22,5 kD in the experimental variants (2<sup>nd</sup> day, embryonic axes) under illumination assumes the participation proteins of this fraction in the control of initiation of the growth processes.

**Key words:** *Pisum sativum* L., lipoxygenase oxidation, 12-hydroxydodecanic acid, growth, amylase, protein spectra

**ИВАНОВА, ЯРИН, АНЦЫГИНА**

**ВПЛИВ 12-ГІДРОКСИДОДЕКАНОВОЇ КИСЛОТИ НА РІСТ,  
АМІЛАЗНУ АКТИВНІСТЬ І БІЛКОВІ СПЕКТРИ  
У ГОРОХУ (*PISUM SATIVUM L.*)**

А. Б. Іванова, А. Ю. Ярін, Л. Л. Анцигіна

*Казанський інститут біохімії і біофізики  
Казанського наукового центру Російської академії наук  
(Казань, Росія)*

Вивчено вплив 12-гідроксидодеканової кислоти (12-ОДК) на ростові показники у гороху при етіоляції і освітленні, а також на синтез білка і активність амілаз. Висловлюється припущення, що збільшення проростання насіння у дослідних варіантах пов'язане з підвищенням амілазної активності. Починаючи з 7-ої доби, у етіолятів переважав ріст епикотилей порівняно з коренями (12-ОДК -  $10^{-9}$  М). Паралельний електрофоретичний аналіз поліпептидних фракцій органів (7 діб) показав, що в спектрі білків дослідних зразків етіолятів відсутні фракції з ММ 77 kD у коренів і 34 kD в епикотилей, які були виявлені в контролі. Припускається участь білків цих фракцій в координації збалансованого росту рослин. Підвищення рівня поліпептидної фракції 22,5 kD у дослідних варіантах (2 доби, зародкові осі) за умов освітлення дає підстави припускати участь білків цієї фракції в здійсненні контролю над ініціацією ростових процесів.

**Ключові слова:** *Pisum sativum L.*, ліпоксигеназне окиснення, 12-гідроксидодеканова кислота, ріст, амілаза, білкові спектри