

УДК 577.19:577.152.321

## ВЛИЯНИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ НА АКТИВНОСТЬ $\alpha$ - И $\beta$ -АМИЛАЗ И СОДЕРЖАНИЕ СУММАРНОГО БЕЛКА В ПРОРОСТКАХ ПШЕНИЦЫ

© 2011 г. Э. С. Давидянц

Ставропольский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАСХН,  
Михайловск, 356241, Ставропольский край  
e-mail: sniish@mail.ru

Поступила в редакцию 12.01.2011 г.

Изучено влияние гликозидов олеаноловой кислоты, полученных из надземной части *Silphium perfoliatum* L. (сульфиозиды В, С, Е и G) и их прогенинов на активность амилаз и содержание суммарного белка в проростках пшеницы. Обработка семян озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) 1.0–10.0 мкМ водными растворами моно- и дигликозидов (моно- и бисдесмозиды) повышала  $\alpha$ -амилазную и суммарную амилолитическую активность в проростках. Увеличение количества глюкозных остатков до 3 (сульфиозид Е) приводило к потере стимулирующего эффекта на активность  $\alpha$ -амилазы. У бис-триглюкозида, содержащего ацетильную группу в углеводной части молекулы (сульфиозид С) способность к стимуляции  $\alpha$ -амилазной активности в концентрации 0.5–1.0 мкМ сохранялась. Обработка семян 5.0–10.0 мкМ растворами исследуемых веществ приводила к повышению суммарного белка в проростках и усилению их роста, при этом действие гликозидов не уступало эффектам экзогенных гиббереллина А<sub>3</sub> и 6-бензиламинопурина.

Тритерпеновые гликозиды представляют широко распространенную и структурно разнообразную группу вторичных метаболитов растений, которые предположительно играют регуляторную роль в процессах роста, развития и стрессоустойчивости растений.

Рострегулирующая активность установлена для тритерпеноидов ряда олеанана, лупана, дам-марана и их гликозидов [1–7].

Выявление ростстимулирующего действия у тритерпеновых кислот ланостанового ряда, выделенных из пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.) [8], позволило получать на их основе препараты (силк, биосил, новосил, вэрва), доказавшие свою эффективность при возделывании многих сельскохозяйственных культур [9].

В ряде работ [3, 4, 7] показано, что тритерпеновые гликозиды обладают более высокой рострегулирующей активностью, чем свободные тритерпеноиды (агликоны). Кроме того, гликозиды растворимы в воде, что облегчает их выделение из растения и открывает возможность практического использования этих соединений в качестве эффективных, экологически безопасных регуляторов роста растений.

Биологические испытания экстракта сильфии пронзеннолистной (*Silphium perfoliatum* L.), содержащего физиологически активные тритерпеновые гликозиды, показали, что обработка экстрактом растений озимой пшеницы разных сортов повышала содержание хлорофилла в листьях,

урожайность зерна и содержание в нем белка и сырой клейковины [10, 11].

Удобной биологической моделью для изучения действия тритерпеновых гликозидов также могут служить прорастающие зерновки пшеницы. Образовавшиеся в результате протеолиза запасных белков глиадина и глютеина аминокислоты и полипептиды используются для биосинтеза структурных и ферментативных белков, необходимых для новообразования новых клеток и синтеза веществ. Продукты амилолиза участвуют в формировании структурных элементов проростка, а также вовлекаются в окислительные процессы, обеспечивающие энергией анаболические реакции.

Особую активность в прорастающих зерновках пшеницы приобретают ферменты амилолитического комплекса –  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилазы, участвующие в деградации основного запасного вещества – крахмала.

$\alpha$ -Амилаза – 1,4- $\alpha$ -D-глюкан-глюкангидролаза (КФ 3.2.1.1), кальцийсодержащая эндоглюкозилаза, гидролизует  $\alpha$ -(1 → 4)-гликозидные связи в амилозе и амилопектине с образованием смеси мальтозы и низкомолекулярных олигосахаридов.

$\beta$ -Амилаза – 1,4- $\alpha$ -D-глюканмальтогидролаза (КФ 3.2.1.2), экзоглюкозилаза, разрывает  $\alpha$ -(1 → 4)-гликозидные связи в крахмале, последовательно отщепляя мальтозу с нередуцирующих концов молекулы. Амилозу  $\beta$ -амилаза расщепляет полностью, а при действии на амилопектин образуются мальтоза и высокомолекулярные декстрины, которые гидролизуются  $\alpha$ -амилазой с образованием декстри-

нов с меньшей молекулярной массой. При одновременном действии обеих амилаз крахмал гидролизует на 95% [12].

Цель работы – изучение изменений активности  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаз и содержания суммарного белка в проростках пшеницы, возникающих после обработки семян тритерпеновыми гликозидами различного строения, установление влияния структуры гликозидов на их метаболическую активность.

## МЕТОДИКА

В работе использовали 3-О- $\beta$ -D-глюкопиранозид олеаноловой кислоты (I), 3-О- $\beta$ -D-глюкопиранозил (1  $\rightarrow$  2)-О- $\beta$ -D-глюкопиранозид олеаноловой кислоты (софорозид олеаноловой кислоты, II); 3,28-ди-О- $\beta$ -D-глюкопиранозид олеаноловой кислоты (сильфиозид В, III); 3-О-[ $\beta$ -D-глюкопиранозил (1  $\rightarrow$  2) – (6-О-ацетил)- $\beta$ -D-глюкопиранозид]; 28-О- $\beta$ -D-глюкопиранозид олеаноловой кислоты (сильфиозид С, IV); 3-О-[ $\beta$ -D-глюкопиранозил (1  $\rightarrow$  2) – О- $\beta$ -D-глюкопиранозид]; 28-О- $\beta$ -D-глюкопиранозид олеаноловой кислоты (сильфиозид Е, V); 3-О- $\beta$ -D-глюкуронопиранозид – 28-О- $\beta$ -D-глюкопиранозид олеаноловой кислоты (сильфиозид G, VI).

Сильфиозиды (III–VI) были выделены из наземной части *Silphium perfoliatum* L. по методике, описанной нами ранее [13–16]. Гликозиды I и II получены омылением соответственно сильфиозидов В (III) [13] и Е (V) [15].

Опыты проводили на семенах озимой мягкой пшеницы *Triticum aestivum* L. сорта Авеста, прошедшие период послеуборочного дозревания (3–6 месячного хранения). Предпосевную обработку семян исследуемыми веществами осуществляли по общепринятой методике, “полусухим” способом. Для этого семена интенсивно встряхивали с водными растворами гликозидов из расчета 1 мл/100 семян. В контроле семена обрабатывали дистиллированной водой. Для сравнения биологического действия гликозидов семена обрабатывали растворами гиббереллина А<sub>3</sub> (гибберелловая кислота) (ГА<sub>3</sub>) и 6-бензиламинопурина (БАП) (“Serva”, Германия) одной из эффективных концентраций, которые определяли в предварительном опыте.

Обработанные семена сушили при комнатной температуре. Затем проращивали в течение 7 сут в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной 6 мл дистиллированной воды в термостате при температуре 22–24°C. Для определения активности амилаз и суммарного белка использовали 7-суточные проростки с эндоспермом и семенной кожурой. О действии гликозидов на рост судили по изменению длины корней, наземной части, сырой и сухой массы контрольных и опытных проростков.

Экстракт ферментов получали по методике [16]. Навеску растительного материала (20 проростков)

растирали в ступке с небольшим количеством 1%-ного NaCl. Соотношение между навеской и раствором NaCl 1 : 20. Экстракция продолжалась 1.5 ч при температуре 4°C при медленном перемешивании. Гомогенат фильтровали и центрифугировали при 4000 g в течение 10 мин. Супернатант использовали для определения активности амилаз.

Суммарную активность амилаз определяли спектрофотометрически при 595 нм, используя крахмал в качестве субстрата согласно [17]. В пробирки приливали по 3 мл ацетатного буфера, рН 5.5, и по 3 мл 2%-ного раствора крахмала, нагревали до 40°C. Затем в опытные пробирки вносили 0.2 мл экстракта ферментов, в контрольные – такое же количество дистиллированной воды. После инкубации при 40°C на водяной бане в течение 30 мин реакцию останавливали добавлением 2 мл 1 М HCl. Затем из каждой пробирки отбирали по 0.5 мл смеси и вносили в мерные колбы на 50 мл, в которых содержалось 30 мл дистиллированной воды, 1 мл 0.1 М HCl и 5 капель 0.3%-ного раствора йода в 3.0%-ном растворе KI. Содержимое колб доводили до метки водой, перемешивали и измеряли оптическую плотность на спектрофотометре Spekol (“Carl Zeiss”, Германия).

Для определения активности  $\alpha$ -амилазы к экстракту ферментов (5 мл) добавляли несколько миллиграмм сухого ацетата кальция, выдерживали 15 мин на водяной бане при 70°C для инактивации  $\beta$ -амилазы, затем быстро охлаждали. Полученный раствор использовали для определения  $\alpha$ -амилазной активности по вышеописанной методике.

Активность  $\beta$ -амилазы определяли по разности между суммарной активностью  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаз и активностью  $\alpha$ -амилазы. Активность амилаз выражали в условных единицах, в мг гидролизованного крахмала за 30 мин инкубации при 40°C в расчете на 1 проросток.

Суммарный белок экстрагировали из измельченного растительного материала 4-кратным количеством боратного буфера (рН 10.0), содержащего 0.2% бисульфата натрия [17]. Гомогенат взбалтывали на шейкере (“Elpan”, Польша) в течение 1 ч, после отстаивания раствора в течение 15 мин отбирали 10 мл и центрифугировали при 3000 g 15 мин. Центрифугат использовали для определения суммарного белка по методу Лоури.

Исследования проводились в 3-кратной повторности. На рис. 2–4 и в таблице приведены средние арифметические из трех независимых экспериментов и их стандартные ошибки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Взятые для исследования гликозиды олеаноловой кислоты различались строением углеводной части (рис. 1). Моносахаридный состав гликозидов

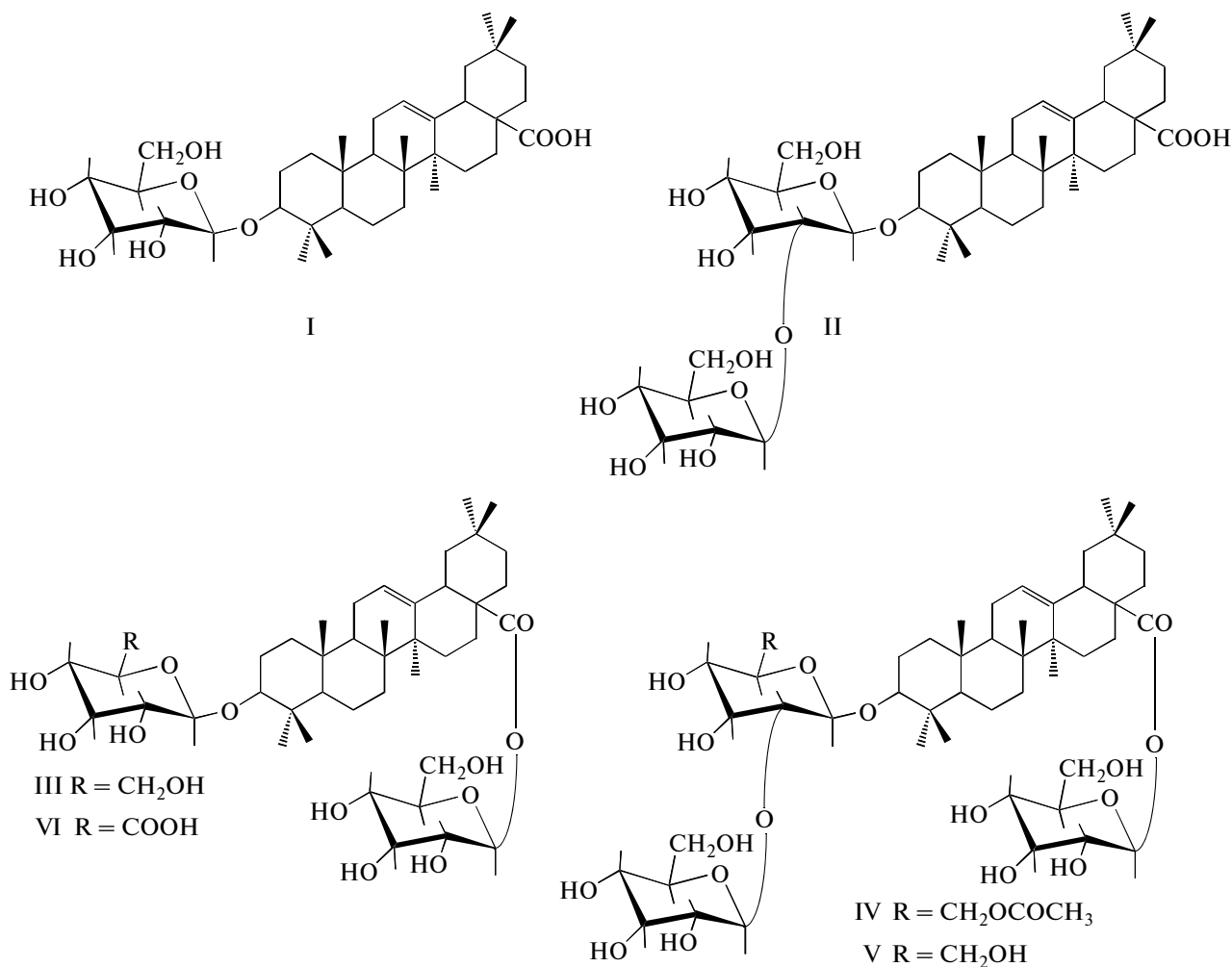


Рис. 1. Формулы гликозидов олеаноловой кислоты, использованных в работе.

представлен преимущественно остатками D-глюкозы, за исключением гликозида G (VI), содержащего также остаток D-глюкуроновой кислоты.

Обработка семян озимой пшеницы исследуемыми веществами оказывала различное действие на активность амилаз в проростках в зависимости от концентрации и структуры гликозида.

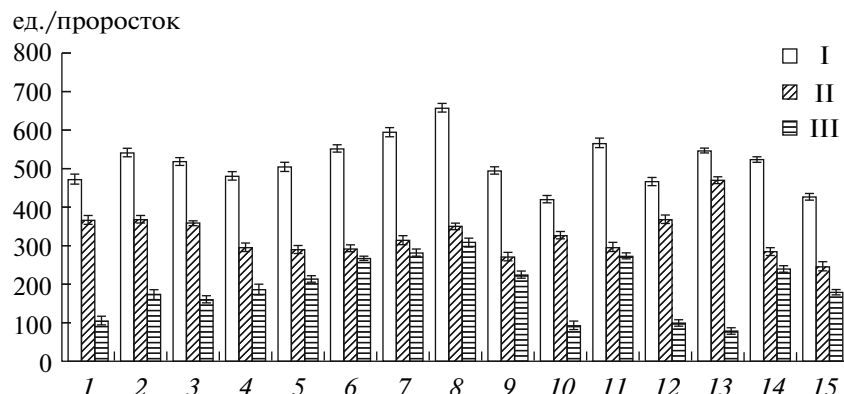
После обработки семян растворами моно- и биозидов олеаноловой кислоты наблюдалось повышение суммарной амилазной активности в проростках по сравнению с контролем, причем наиболее эффективными оказались концентрации монозида (I) 10.0 мкМ и биозидов (II, III, VI) – 5.0 мкМ (рис. 2).

Эти же концентрации гликозидов существенно стимулировали в проростках активность  $\alpha$ -амилазы (в 2.3–3.0 раза) относительно контроля, причем эффект гликозидов превосходил действие экзогенных ГА<sub>3</sub> и БАП. При этом по сравнению с контролем изменилось соотношение между активностью  $\alpha$ -ами-

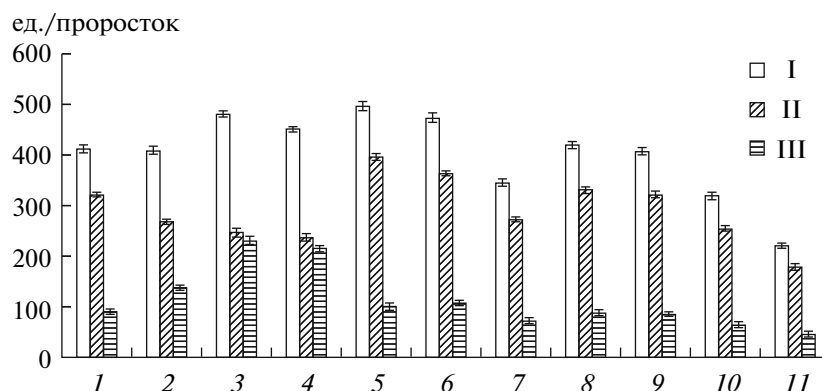
лазы и  $\beta$ -амилазы в сторону увеличения доли активности  $\alpha$ -амилазы.

Максимальное увеличение активности  $\alpha$ -амилазы в проростках (в 3.0 раза) отмечено при действии софорозида олеаноловой кислоты (II), имеющего остаток софорозы при атоме C-3 агликона. Аналогичный с ним по составу сильфиозид В (III), но содержащий остатки D-глюкозы как при C-3, так и при C-28 агликона, действовал менее активно. Однако эффект сильфиозида В (III) был более выражен, чем сильфиозида G (VI), имеющего такое расположение углеводных фрагментов, как и сильфиозид В (III), но в отличие от него, содержащего вместо остатка D-глюкозы при C-3 агликона остаток D-глюкуроновой кислоты.

Обработка семян пшеницы растворами триозидов олеаноловой кислоты также вызывала изменение активности амилаз в проростках, но характер действия сильфиозида С (IV) существенно отличался от такового сильфиозида Е (V). Использование



**Рис. 2.** Влияние обработки семян пшеницы различными концентрациями моно- и дигликозидов олеаноловой кислоты на активность  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаз в проростках: 1 – дистиллированная вода (контроль), 2 – 2.9 мкМ ГА<sub>3</sub>, 3 – 45.0 мкМ БАП, 4 – 1.0, 5 – 5.0, 6 – 10 мкМ 3-0- $\beta$ -D-глюкопиранозид олеаноловой кислоты, 7 – 1.0, 8 – 5.0, 9 – 10.0 мкМ софорозид олеаноловой кислоты, 10 – 1.0, 11 – 5.0, 12 – 10 мкМ сальфиозид В, 13 – 1.0, 14 – 5.0, 15 – 10 мкМ сальфиозид G. I – суммарная активность амилаз, II – активность  $\beta$ -амилазы, III – активность  $\alpha$ -амилазы.

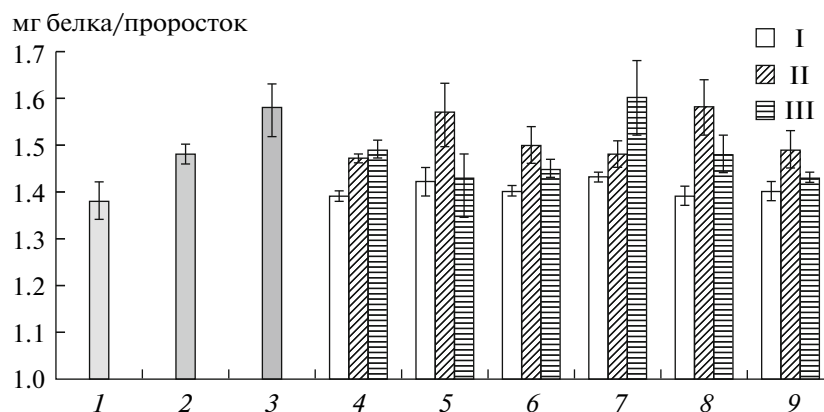


**Рис. 3.** Влияние обработки семян пшеницы различными концентрациями тригликозидов олеаноловой кислоты на активность  $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаз в проростках: 1 – дистиллированная вода (контроль), 2 – 0.1, 3 – 0.5, 4 – 1.0, 5 – 5.0, 6 – 10.0 мкМ сальфиозид С, 7 – 0.1, 8 – 0.5, 9 – 1.0, 10 – 5.0, 11 – 10 мкМ сальфиозид E. I – суммарная активность амилаз, II – активность  $\beta$ -амилазы, III – активность  $\alpha$ -амилазы.

0.5–10.0 мкМ сальфиозида С приводило к увеличению суммарной амилолитической активности по сравнению с контролем, в то время как ни одна из исследованных концентраций сальфиозида E (0.1–10.0 мкМ) такого эффекта не оказывала (рис. 3). Активность  $\alpha$ -амилазы в проростках, полученных из семян, обработанных растворами сальфиозида С в интервале концентраций 0.1–10.0 мкМ была выше, чем в контроле (рис. 3). Наибольшее повышение активности  $\alpha$ -амилазы в 2.6 и 2.4 раза отмечено при использовании 0.5 и 1.0 мкМ сальфиозида С соответственно. После обработки семян пшеницы различными концентрациями сальфиозида E повышения активности  $\alpha$ -амилазы в проростках не выявлено, а использование 0.1, 5.0 и 10.0 мкМ растворов V вызывало снижение активности фермента (рис. 3). Следовательно, увеличение количества моносахаридных остатков до 3 в молекуле

сальфиозида E (V) приводит к потере стимулирующего эффекта на активность  $\alpha$ -амилазы по сравнению с гликозидами (I–III, VI), содержащими 1–2 углеводных компонента. У сальфиозида С (IV), отличающегося от своего структурного аналога сальфиозида E (V) наличием ацетильной группы в углеводной части молекулы, напротив, способность к стимуляции  $\alpha$ -амилазной активности сохранялась.

Если в отношении активности  $\alpha$ -амилазы проявилась специфичность действия гликозидов, обусловленная особенностями их химического строения, то на содержание суммарного белка в проростках все исследуемые гликозиды независимо от их строения оказывали стимулирующее действие (рис. 4). Наибольший эффект вызывала обработка семян 10.0 мкМ раствором монозида (I), 5.0 мкМ биозидов (II, III, VI) и 5.0 и 10.0 мкМ триазидов олеаноловой кислоты (IV, V) соот-



**Рис. 4.** Влияние обработки семян пшеницы различными концентрациями тритерпеновых гликозидов (I – 1.0, II – 5.0, III – 10.0 мкМ) на содержание суммарного белка в проростках: 1 – дистиллированная вода (контроль), 2 – GA<sub>3</sub> (2.9 мкМ), 3 – БАП (45.0 мкМ), 4 – 3-0-β-D-глюкопиранозид олеаноловой кислоты, 5 – софорозид олеаноловой кислоты, 6 – сильфиозид В, 7 – сильфиозид С, 8 – сильфиозид Е, 9 – сильфиозид G.

ответственно. При этом содержание суммарного белка в проростках повышалось на 8–16% относительно контроля. Наиболее высокий уровень содержания белка отмечен в проростках, полученных из семян, обработанных указанными концентрациями сильфиозидов С и Е, а также софорозида олеаноловой кислоты. Активность гликозидов в данном случае не уступала активности экзогенного БАП.

Таким образом, тритерпеновые гликозиды способны стимулировать важнейшие биохимические процессы в прорастающих семенах пшеницы (гидролиз запасного крахмала, биосинтез белка), составляющие основу активного роста растений.

При обработке семян пшеницы гликозидами наблюдалось изменение морфофизиологических показателей проростков, свидетельствующих об усилении ростовых процессов (таблица). При действии оптимальных концентраций гликозидов (5.0–10.0 мкМ) сухая масса проростков повышалась на 8–13% по сравнению с контролем. Максимальное увеличение сухой массы проростков коррелировало с накоплением в них белка.

Ключевая роль в регуляции роста и метаболизма растений отводится гормональной системе. Индуцированный GA<sub>3</sub> синтез α-амилазы *de novo* в алейроновом слое семян пшеницы связан с увеличением содержания специфичной иРНК, транскрибирующей α-амилазу [19]. Тритерпеновые гликозиды, возможно, связываются с рецептором GA<sub>3</sub>, оказывая непосредственное влияние на активность гиббереллинозависимых генов. Гиббереллиноподобное действие гликозидов было ранее установлено нами в биотесте по удлинению гипокотилей салата, выявлены также эффекты гликозидов в других тестах, характерных для биологической активности ауксина (стимуляция корнеобразования у черенков фасоли) и цито-

кинина (задержка разрушения хлорофилла в листовых отрезках ячменя, стимуляция прорастания семян салата при повышенной температуре) [6].

Эти данные позволяют предполагать, что тритерпеновые гликозиды, взаимодействуя с фитогормонами, могут вовлекаться в регуляцию метаболических и ростовых процессов.

В реализации фиторегулирующего действия тритерпеновых гликозидов важное значение может иметь их способность изменять проницаемость клеточных мембран. Взаимодействуя со стеринами мембран, тритерпеновые гликозиды образуют комплексы и формируют каналы [20], через которые может осуществляться как отток из клеток низкомолекулярных метаболитов, так, по-видимому, и их приток. Не исключено, что вызванное определенными концентрациями тритерпеновых гликозидов изменение проницаемости клеточных мембран может способствовать активизации метаболизма и роста растений. Изменение проницаемости клеточных мембран оказывает влияние на скорость поступления воды в цитоплазму, высвобождение ферментов, транспорт ионов и их концентрацию, рН, содержание ингибиторов, доступность субстратов и т.п., что, в свою очередь, вызывает изменение активности ферментов и метаболизма нуклеиновых кислот [21].

Действие повышенных концентраций тритерпеновых гликозидов, вызывающих торможение роста у высших растений, возможно, аналогично их действию на грибы. В этом случае при взаимодействии тритерпеновых гликозидов со стеринами клеточной поверхности происходит значительное увеличение проницаемости биомембран, что, в свою очередь, приводит к нарушению их нормального функционирования, утечке низко-

Влияние обработки семян пшеницы различными концентрациями тритерпеновых гликозидов на рост проростков

Вещество, концентрация, мкМ	Длина корня, см	Длина надземной части, см	Сырая масса проростка, мг	Сухая масса проростка, мг
Дистиллированная вода (контроль)	11.5 ± 0.2	8.5 ± 0.2	102.5 ± 1.3	13.0 ± 0.2
ГА <sub>3</sub> , 2.9	11.8 ± 0.4	8.8 ± 0.2	107.4 ± 1.5	13.4 ± 0.3
БАП, 45.0	11.5 ± 0.2	8.8 ± 0.1	114.2 ± 1.7	14.4 ± 0.3
3-0-β-D-глюкопиранозид олеаноловой кислоты (I)				
1.0	11.9 ± 0.2	9.0 ± 0.3	104.7 ± 1.3	13.1 ± 0.6
5.0	12.1 ± 0.2	9.1 ± 0.2	106.5 ± 1.4	13.2 ± 0.2
10.0	12.4 ± 0.5	9.1 ± 0.3	113.3 ± 1.9	14.0 ± 0.4
Софорозид олеаноловой кислоты (II)				
1.0	12.2 ± 0.3	9.4 ± 0.2	115.0 ± 1.8	14.2 ± 0.1
5.0	12.1 ± 0.2	9.5 ± 0.2	115.8 ± 1.4	14.3 ± 0.3
10.0	11.8 ± 0.5	9.1 ± 0.1	109.2 ± 2.0	13.3 ± 0.3
Сильфиозид В (III)				
1.0	12.1 ± 0.2	8.9 ± 0.2	110.7 ± 3.3	13.9 ± 0.2
5.0	11.9 ± 0.2	9.3 ± 0.2	112.2 ± 2.7	14.0 ± 0.3
10.0	11.1 ± 0.2	8.9 ± 0.1	109.3 ± 1.2	13.8 ± 0.2
Сильфиозид С (IV)				
0.1	11.8 ± 0.2	8.9 ± 0.3	103.4 ± 2.4	13.5 ± 0.3
0.5	12.3 ± 0.1	9.0 ± 0.2	106.5 ± 2.9	13.5 ± 0.2
1.0	12.1 ± 0.3	9.2 ± 0.6	107.6 ± 1.8	13.8 ± 0.7
5.0	12.0 ± 0.5	9.4 ± 0.6	111.7 ± 2.5	13.9 ± 0.5
10.0	12.6 ± 0.8	9.7 ± 0.7	125.1 ± 3.0	14.7 ± 0.8
Сильфиозид Е (V)				
0.1	11.4 ± 0.2	8.7 ± 0.2	103.5 ± 2.2	13.8 ± 0.2
0.5	12.5 ± 0.1	9.1 ± 0.3	112.9 ± 3.1	14.0 ± 0.1
1.0	12.3 ± 0.2	8.9 ± 0.1	104.6 ± 3.0	13.8 ± 0.1
5.0	12.1 ± 0.2	9.4 ± 0.3	114.8 ± 2.8	14.4 ± 0.1
10.0	12.4 ± 0.1	9.3 ± 0.1	122.0 ± 3.2	13.8 ± 0.6
Сильфиозид G (VI)				
1.0	11.7 ± 0.3	8.5 ± 0.2	104.0 ± 2.8	13.0 ± 0.2
5.0	12.0 ± 0.4	9.0 ± 0.3	107.6 ± 5.4	13.8 ± 0.3
10.0	12.2 ± 0.7	8.9 ± 0.3	103.5 ± 4.5	13.6 ± 0.2

молекулярных компонентов клеточного пула и ингибированию роста грибов [22].

Результаты исследования, представленные в настоящей работе, показали, что оптимальные концентрации экзогенных тритерпеновых гликозидов приводили к увеличению α-амилазной, суммарной амилолитической активности и содержания суммарного белка в проростках пшеницы. В отношении активности α-амилазы выявлена избирательность действия гликозидов, зависящая от количества моносахаридных остатков в молекуле. Установленные эффекты гликозидов, вероятно, являются лишь одной из сторон проявления многооб-

разной метаболической и, следовательно, рострегулирующей активности этих соединений. Можно ожидать, что механизм действия гликозидов на молекулярном уровне осуществляется как путем непосредственного регулирования активности генов, так и путем воздействия на проницаемость клеточных мембран и активность фитогормонов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тариков С., Тимбекова А.Е., Абубакиров Н.К., Коблов Р.К. // Узб. биол. журн. 1988. № 6. С. 24–26.

2. Давидянц Э.С., Нешина Л.П., Нешин И.В. // Раст. ресурсы. 2001. Т. 37. № 3. С. 93–97.
3. Стехова С.И., Самошина Н.Ф., Денисенко М.В., Денисенко В.А., Логачев В.В., Анисимов М.М., Уварова Н.И. // Раст. ресурсы. 2002. Т. 38. № 2. С. 92–98.
4. Ohara S., Ohira T. // J. Wood Sci. 2003. V. 49. P. 59–64.
5. Стехова С.И., Атопкина Л.Н., Анисимов М.М., Уварова Н.И. // Раст. ресурсы. 2005. Т. 41. № 3. С. 80–86.
6. Давидянц Э.С. // Раст. ресурсы. 2006. Т. 42. № 1. С. 127–136.
7. Анисимов М.М., Логачев В.В., Демина Е.А., Самошина Н.Ф., Денисенко М.В., Уварова Н.И. // Раст. ресурсы. 2006. Т. 42. № 3. С. 74–81.
8. Ралдугин В.А., Друганов А.Г., Климов В.П., Шубин А.Н., Чекуров В.М. Патент РФ. 1998. № 2108803.
9. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. 2010 г. Приложение к журналу “Защита растений и карантин”. 2010. № 6. С. 449–457.
10. Давидянц Э.С., Нешин И.В. Патент РФ. 2001. № 2200409.
11. Давидянц Э.С. // Агрохимия. 2006. № 8. С. 30–33.
12. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. М.: Агропромиздат, 1989. 368 с.
13. Давидянц Э.С., Путиева Ж.М., Бандюкова В.А., Абубакиров Н.К. // Химия природных соединений. 1984. № 1. С. 120–121.
14. Давидянц Э.С., Путиева Ж.М., Бандюкова В.А., Абубакиров Н.К. // Химия природных соединений. 1984. № 5. С. 666–667.
15. Давидянц Э.С., Путиева Ж.М., Бандюкова В.А., Абубакиров Н.К. // Химия природных соединений. 1984. № 6. С. 750–753.
16. Давидянц Э.С., Путиева Ж.М., Шашков А.С., Бандюкова В.А., Абубакиров Н.К. // Химия природных соединений. 1985. № 4. С. 519–522.
17. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1985. 255 с.
18. Методы биохимического анализа растений / Ред. А.И. Ермакова. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
19. Higgins T.J.V., Zwar I.A., Jacobson J.V. // Nature. 1976. V. 26. P. 166–169.
20. Лихацкая Г.Н., Яровая Т.П., Руднев В.С., Попов А.М., Анисимов М.М., Ровин Ю.Г. // Биофизика. 1985. № 2. С. 358–359.
21. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян / Ред. М.Г. Николаева, Н.В. Обручева. М.: Колос, 1982. 495 с.
22. Анисимов М.М., Иванов А.С., Попов А.М., Киселева М.И., Себко И.Г., Коротких Л.Я., Антонов А.С., Стоник В.А., Антонов В.Ф. // Прикл. биохимия и микробиология. 1981. Т. 17. № 6. С. 890–895.

## Effect of Triterpenoid Glycosides on $\alpha$ - and $\beta$ -Amylase Activity and Total Protein Content in Wheat Seedlings

E. S. Davidyants

Stavropol Research Institute of Agriculture, Russian Academy of Agricultural Sciences,  
Mikhailovsk, Stavropol oblast, 354241 Russia

e-mail: sniish@mail.ru

Received January 12, 2011

**Abstract**—Influence of the aleanolic acid glycosides from *Silphium perfoliatum* L. (silphioside B, C, E and G) and their progenins on the amylase activity and total protein content in wheat seedlings was studied. Treatment of the *Triticum aestivum* L. seeds with 1–10  $\mu$ M water solutions of mono- and diglycosides (mono- and bisdesmosines) elevated the  $\alpha$ -amylase and total amylase activities in seedlings. Silphioside E containing three glucose moieties in its molecule did not change  $\alpha$ -amylase activity, but it did if bis-triglycoside acetylated carbohydrate (as in silphioside C). Effects of 5–10  $\mu$ M solutions of the active glycosides was comparable with that of exogenous gibberellin A<sub>3</sub> and 6-benzylaminopurine.