

ГАЛАКТОМАННАНЫ СЕМЯН НЕКОТОРЫХ ВИДОВ СЕМЕЙСТВА *FABACEAE* LINDL. S.L. В ПРОЦЕССАХ СОЗРЕВАНИЯ И ПРОРАСТАНИЯ

И.Е. ЛОБАНОВА¹, О.В. АНУЛОВ², В.Д. ЩЕРБУХИН²

GALACTOMANNANS OF SEEDS OF SOME SPECIES OF THE FAMILY *FABACEAE* LINDL. S.L. DURING RIPENING AND GERMINATION

I.E. LOBANOVA¹, O.V. ANULOV², V.D. SHCHERBUKHIN²

¹Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, 630090 Новосибирск, ул.Золотодолинская, 101
Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, 630090 Novosibirsk, Zolotodolinskaya st., 101

Fax: +7(338) 330-19-86, e-mail: lobanova@csbg.nsc.ru

²Институт биохимии им. А.Н. Баха РАН, 117071 Москва, Ленинский просп., 33

A. N. Bakh Institute of Biochemistry, RAS, 117071 Moscow, Leninskii av., 33

Fax: +7(495) 954-27-32, e-mail: inbio@online.ru

Проведено сравнительное изучение процессов накопления и деградации галактоманнанов (ГМ) семян некоторых видов семейства *Fabaceae* Lindl. s.l. Определены количественные характеристики содержания галактоманнанов и соотношение манноза : галактоза в молекуле ГМ в периоды созревания и прорастания семян видов родов *Galega* Lam. и *Astragalus* L. Полученные данные могут служить основанием для поиска источников ГМ, адаптированных к условиям умеренных широт.

Ключевые слова: полисахариды, семена, бобовые, галактоманнаны, созревание, прорастание.

A comparative study of the processes of accumulation and degradation of galactomannans of seeds of some species of the family *Fabaceae* Lindl. s.l. was carried out. Quantitative characteristics of galactomannan content and mannose : galactose ratio in a galactomannan molecule were determined during ripening and germination of seeds of the species of the genus *Galega* and *Astragalus*. The data obtained may serve as the basis for search of sources of galactomannans adapted to the conditions of the temperate latitudes.

Key words: polysaccharides, seeds, legumes, galactomannans, ripening, germination.

ВВЕДЕНИЕ

Полисахаридный запас семян видов семейства *Fabaceae* с эндоспермом разной степени развитости представлен, в основном, галактоманнанами (ГМ). Как известно, гетерополисахариды галактоманнаны состоят из двух моносахаридов D-маннозы и D-галактозы и локализованы в клеточных стенках эндоспермальной ткани. Теоретический интерес вызывает полифункциональность, присущая этим фитополисахаридам (Buckeridge, Reid, 1996). Для них характерны функции энергетического резерва, регуляторов водного баланса семени при прорастании и защитная (Daoud, 1932).

Благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам гидроколлоидов и отсутствию токсичности, ГМ имеют широкий спектр применения в различных областях промышленности и в медицине в качестве пищевых добавок, стабилизаторов, флокулянтов, загустителей и гелеобразователей (в бинарных смесях) (Chudzikowski, 1971; Vulpin et al., 1990; Щербухин, Анулов, 1999). По масштабам использования в различных областях промышленности ГМ и их производные занимают среди полисахаридов первое место после целлюлозы и крахмала. Несмотря на большой теоретический и

практический интерес к ГМ, наиболее исследованными по-прежнему остаются растения семейства *Fabaceae* тропического и субтропического поясов, тогда как виды *Fabaceae* умеренных широт изучены недостаточно.

Цель настоящего исследования — сравнительное изучение накопления и деградации ГМ в процессах созревания и прорастания семян некоторых видов родов *Galega* и *Astragalus* семейства *Fabaceae*, произрастающих в условиях умеренных широт.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектами исследования являлись многолетние растения трибы *Galegeae* (Wronn) Torr. et Gray подсемейства *Faboideae* DC. семейства *Fabaceae* из коллекции интродуцентов лаборатории Интродукции редких и исчезающих видов растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН: *Galega orientalis* Lam., *Astragalus falcatus* Lam. и *A. cicer* L.

Изучение динамики накопления галактоманнанов в процессе созревания семян

Для изучения динамики накопления ГМ семян в процессе их созревания пробы отбирали в несколько сроков в конце массового цветения, когда на растении имелись одновременно плоды разной степени зрелости. По степени развития семена визуально делили на шесть групп, используя в качестве критерия массу семян и их влажность. Фазу, в которой семяпочки можно было отделить от плодов, принимали за начало формирования семени (фаза 1). Далее выделяли промежуточные фазы 2 и 3, затем фазу 4 — зеленых семян (молочной спелости), фазу 5 — восковой спелости и фазу 6 — полной спелости. Семена разной степени зрелости освобождали от створок бобов и высушивали на воздухе.

В семенах *Galega orientalis* определяли суммарное количество водорастворимых полисахаридов (ВП) и содержащихся в них ГМ на разных этапах развития семян, влажность семян, а также соотношение манноза : галактоза в молекуле галактоманнана в период созревания.

Для растений *Astragalus falcatus* и *A. cicer* был использован такой же (как для *G. orientalis*) принцип отбора проб семян, но в сокращенном модифицированном виде: семена *A. falcatus* и *A. cicer* отбирали, начиная со 2-й и 3-й промежуточных фаз развития, соответственно. В семенах *A. falcatus* определяли те же показатели, что и для *G. orientalis*, а в семенах *A. cicer* были определены только суммарное количество ВП и содержащихся в них ГМ в течение периода созревания.

Изучение деградации галактоманнанов в процессе прорастания семян (*in vitro*)

Опыт по изучению деградации ГМ в процессе прорастания семян (*in vitro*) был представлен

шестью вариантами: семена проращивали в лабораторном помещении при температуре 22–24 °С в чашках Петри на фильтровальной бумаге с дистиллированной водой в течение 1/3, 1, 24, 48, 72, 96 ч. Для преодоления твердосемянности семена *G. orientalis* и *A. cicer* выдерживали в концентрированной серной кислоте (плотность 1.83) 75 мин, а затем промывали 5–6-кратным количеством дистиллированной воды (Николаева и др., 1985). Контролем служили сухие семена и семена, обработанные серной кислотой в течение 75 мин., а затем промытые 5–6-кратной сменой дистиллированной воды. Взвешивание проводили дважды: сухих семян и семян после набухания и прорастания.

В опыте по изучению деградации ГМ семян *G. orientalis* определяли количество семян в навеске, количество поглощенной воды и количество воды, поглощенной одним семенем при набухании и прорастании, а также суммарное количество ВП и содержащихся в них ГМ, соотношение манноза : галактоза в молекуле галактоманнана на разных этапах прорастания семян.

Для *A. cicer* опыт проводили по методике, изложенной выше, несколько изменив время набухания и прорастания (1/3, 1, 24, 48, 72, 96, 168, 240 ч) и количество определяемых в опыте показателей. Были определены динамика оводненности одного семени *A. cicer* и динамика мобилизации суммарных ВП. Сравнивали мобилизацию ВП (суммарное количество) и динамику оводненности одного семени у *G. orientalis* и *A. cicer*.

Опыты по динамике накопления ГМ при формировании семян и деградации ГМ при прорастании были повторены дважды. Характер тенденций при повторении опытов воспроизводился.

Выделение суммарных водорастворимых полисахаридов и галактоманнанов

Водорастворимые полисахариды и галактоманнаны выделяли по единой схеме, которая включала в себя следующие этапы: водную экстракцию измельченных до консистенции «муки» семян при температуре 80 °С при постоянном перемешивании, осаждение суммы ВП этанолом, выделение ГМ и дальнейшую их очистку по общепринятой

методике (Анулов и др., 1995). Очищенные ВП и ГМ высушивали в эксикаторе до постоянной массы и взвешивали.

Анализ полученных образцов

Для определения молярного соотношения маннозы и галактозы проводили газожидкостную хро-

матографию смеси сахаров на хромосорбе прибора ЛХМ-80-3 (СССР), используя колонку 300 × 0,3 см с 3 % OV-225 при 240 °С. Предварительно смеси моносахаридов в гидролизатах восстанавливали и ацетилировали, переводя их в ацетаты полиолов. Площади пиков на хроматограммах рассчитывали графическим методом (Щербухин и др., 1997).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проведено сравнительное изучение накопления маннозосодержащих полисахаридов в процессе созревания в семенах некоторых таксонов трибы *Galegeae*: *Galega orientalis*, *Astragalus cicer* и *A. falcatus*, интродуцированных на экспериментальном участке лаборатории Интродукции редких и исчезающих видов растений Центрального сибирского ботанического сада СО РАН (г. Новосибирск). Результаты данного исследования представлены на рис. 1–7 и в табл. 1.

Общим моментом в процессе накопления галактоманнанов в семенах *G. orientalis* и в семенах двух видов рода *Astragalus* — *A. cicer* и *A. falcatus* является обнаружение галактоманнанов на самых ранних стадиях формирования семени и дальнейшее постепенное увеличение их содержания до наступления фазы «зеленые семена» (рис. 1–3). Резкое увеличение содержания ГМ происходит у исследованных видов в фазу «зеленых семян».

У *Galega orientalis* в фазе «зеленые семена» (молочная спелость) масса одного семени составляет более 12 мг и соответствует резкому увеличению

количества ГМ (в 3–4 раза). В дальнейшем увеличивается масса семени, объем и вес эндосперма, а значит, и содержание галактоманнанов. Количество ГМ достигает максимума в фазу восковой спелости, несколько понижаясь к фазе полного созревания (см. рис. 1). В фазу восковой спелости максимальна также и масса одного семени — более 18 мг.

В фазу полной спелости при максимальном содержании ГМ масса одного семени снижается до 7.23 мг (рис. 4).

Для *A. falcatus*, начиная с фазы «зеленых семян» до фазы «полной спелости», содержание ГМ остается практически на одном уровне (см. рис. 2). Резкому увеличению количества ГМ соответствует и максимальная масса одного семени. Она составляет 12.25 мг. К фазе восковой и полной спелости масса одного семени *A. falcatus* плавно снижается до 7.63 и 4.91 мг, соответственно (рис. 5).

У *A. cicer* содержание галактоманнанов, начиная с фазы «зеленых семян», так же как и у двух предыдущих видов, постепенно увеличивается и достигает

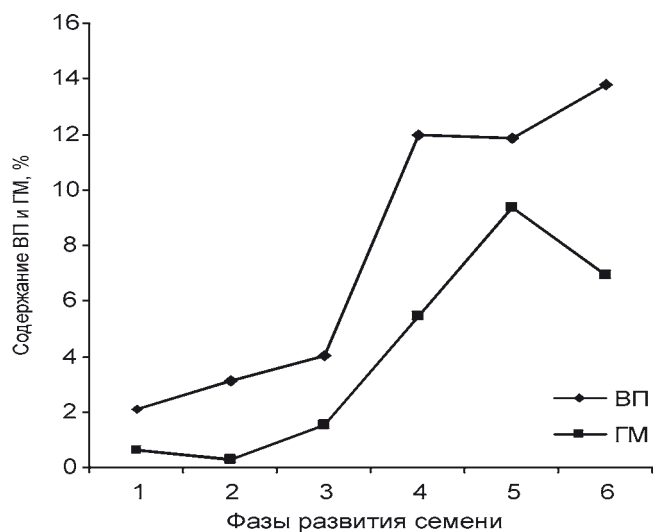


Рис. 1. Накопление ВП и ГМ в их составе в семенах *G. orientalis* при созревании.

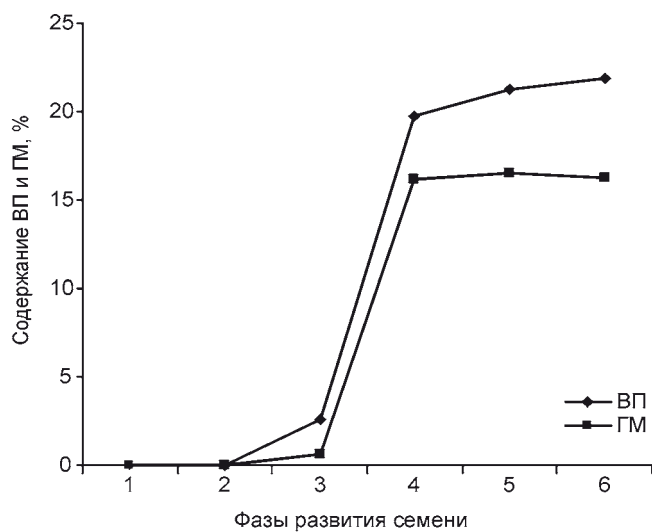


Рис. 2. Накопление ВП и ГМ в их составе в семенах *A. falcatus*.

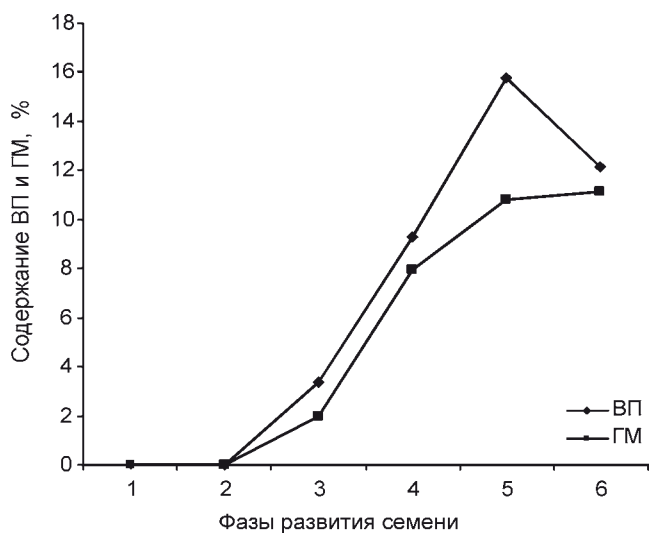


Рис. 3. Накопление ВП и ГМ в их составе в семенах *A. cicer*.

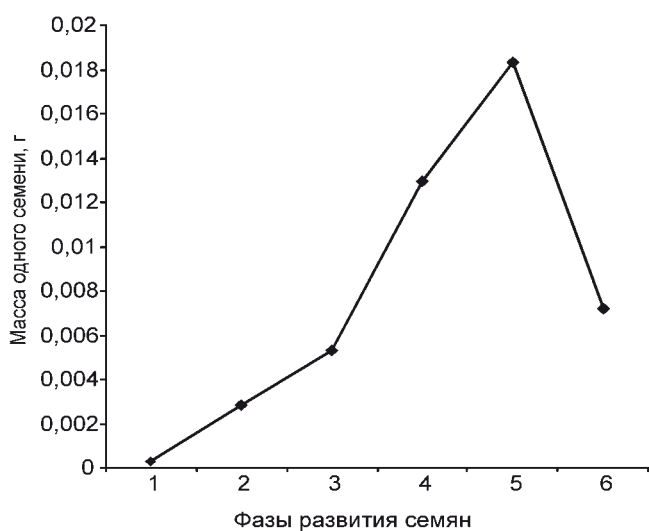


Рис. 4. Масса одного семени *G. orientalis* при созревании.

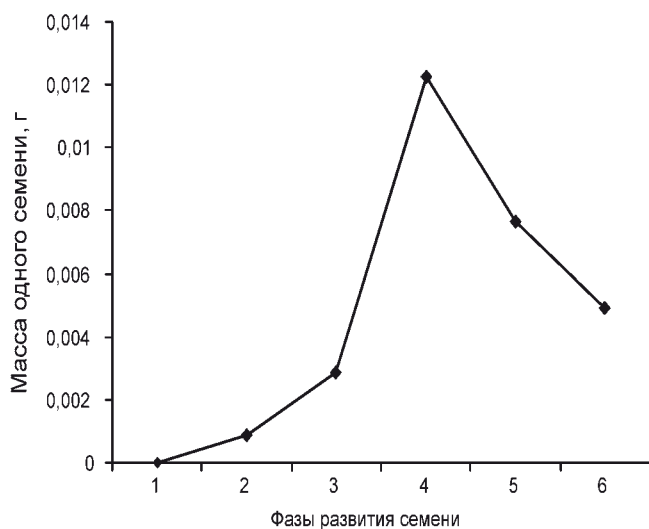


Рис. 5. Масса одного семени *A. falcatus* при созревании.

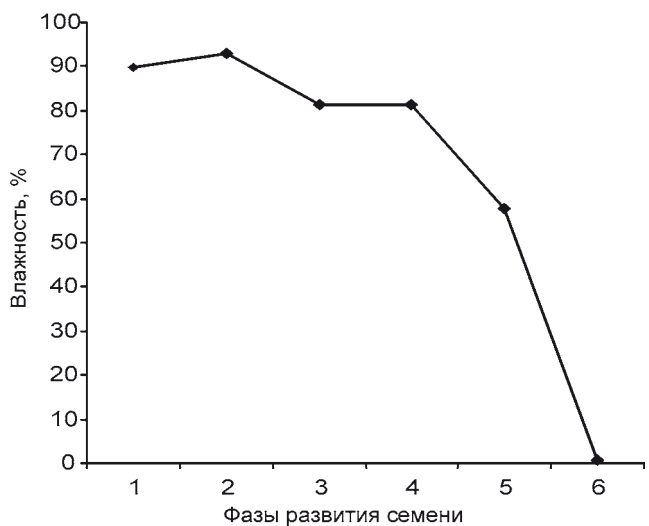


Рис. 6. Влажность семян *G. orientalis* при созревании.

максимальных значений в фазу «полной спелости» (см. рис. 3).

В целом, можно говорить о некотором сходстве в тенденциях накопления галактоманнанов при созревании семян у трех исследованных видов трибы *Galegeae*, интродуцированных в условиях умеренных широт. Полученные нами результаты находятся в согласии с литературными данными. Так, например, в детальном исследовании биосинтеза ГМ в семенах пажитника (род *Trigonella*, триба *Hedysareae*) из аридных и семиаридных областей было показано, что содержание ГМ в семенах видов рода *Trigonella* (семена с обильным эндоспермом, считающиеся классическим объектом для изучения отложения ГМ в запас при созревании)

достигает максимума приблизительно через 55 дней после завязывания семян, а затем уменьшается (Reid, Meier, 1970; Campbell, Thesis, 1978).

Одной из основных биохимических характеристик галактоманнанов, определяющих их физико-химические свойства и биологические функции, является соотношение мономеров манноза : галактоза (М : Г) в молекуле галактоманнана. Нами было определено соотношение мономеров М : Г в суммарных препаратах водорастворимых полисахаридов и очищенных галактоманнанов в семенах *G. orientalis* в процессе их созревания. Полученные данные показали, что соотношение М : Г в молекуле ГМ и в суммарных препаратах ВП остается неизменным на протяжении периодов: «зеленые

семена» (молочная спелость), «восковая спелость» и «полная спелость». Можно говорить о том, что галактоманнан *G. orientalis* в период созревания, формируясь высокозамещенным, в течение всего периода созревания остается таковым (табл. 1).

Однако среди исследователей до сих пор нет единого мнения о том, изменяется ли соотношение М : Г в процессе формирования семян у видов семейства *Fabaceae*. Так, например, известно, что в галактоманнанах *Trigonella foenum-graecum* (Reid, 1970), *Cyatopsis tetragonoloba*, *Gleditsia ferox* (Courtois, L*Dizet, 1963; Reid et al., 1992) при формировании семян соотношение М : Г не меняется или изменяется очень мало, как у *Gleditsia triacanthos* (Mallet et al., 1987). В противоположность этому, соотношение М : Г в семенах *Senna occicleantalis* (L.) Link. меняется существенно: с 2.3 на ранних стадиях до 3.5 в фазу полной спелости (Edwards, Reid, 1995).

Дегградация галактоманнанов наступает при прорастании. Нами было проведено сравнительное исследование изменения содержания суммарных количеств водорастворимых полисахаридов (ВП) и галактоманнанов (ГМ), в семенах *G. orientalis* и *A. cicer* в процессе прорастания. Результаты представлены на рис. 8–12 и в табл. 2, 3.

При сравнении процессов дегградации суммарных количеств ВП во временном интервале 1/3–24 ч

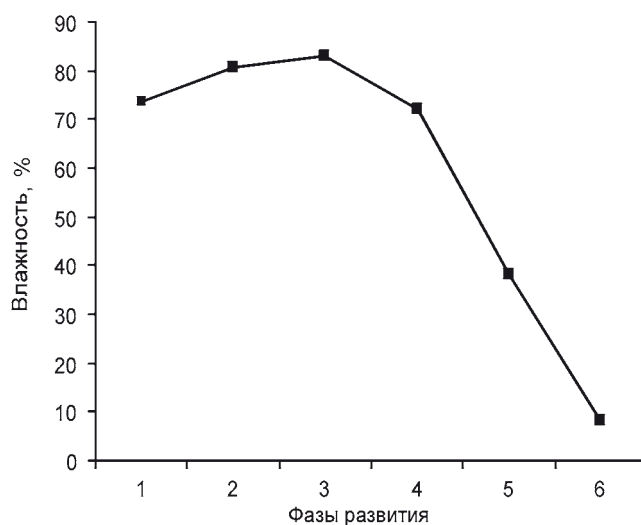


Рис. 7. Влажность семян *A. falcatus* при созревании.

для *G. orientalis* и *A. cicer*, содержание ВП остается неизменным, на уровне первоначального, несмотря на увеличение уровня оводненности одного семени этих видов в 71 и 15 раз, соответственно, по сравнению с минимальным.

Резкое уменьшение количеств ВП происходит при увеличении уровня оводненности одного семени *G. orientalis* в 115 раз (до 7.89 % ВП от первоначального их количества), а для *A. cicer* в 20 раз по

Таблица 1

Соотношение М : Г в водорастворимых полисахаридах и очищенных галактоманнанах созревающих семян *Galega orientalis*

Фаза созревания семян	Соотношение манноза : галактоза	
	в ВП	в ГМ
«Зеленые семена»	1.22 ± 0.02	1.14 ± 0.05
«Восковой спелости»	1.22 ± 0.01	1.26 ± 0.02
«Спелые семена»	1.23 ± 0.02	1.24 ± 0.01

Таблица 2

Изменение уровня оводненности семян *Galega orientalis* и *Astragalus cicer*

Вариант опыта по проращиванию	Увеличение уровня оводненности 1 семени <i>Galega orientalis</i> по сравнению с первоначальным	Увеличение уровня оводненности 1 семени <i>Astragalus cicer</i> по сравнению с первоначальным
Контроль, необраб. семена	нет	нет
Контроль, семена, обраб. серной кисл.	нет	нет
1/3 ч	первоначальный, минимальный	первоначальный, минимальный
1 ч	в 4 раза	в 3.5 раза
24 ч	в 71 раз	в 15 раз
48 ч	в 115 раз	в 16 раз
72 ч	в 133 раза	не определяли
96 ч	в 166 раз	в 20 раз
168 ч	не определяли	в 31 раз
240 ч	не определяли	в 36 раз

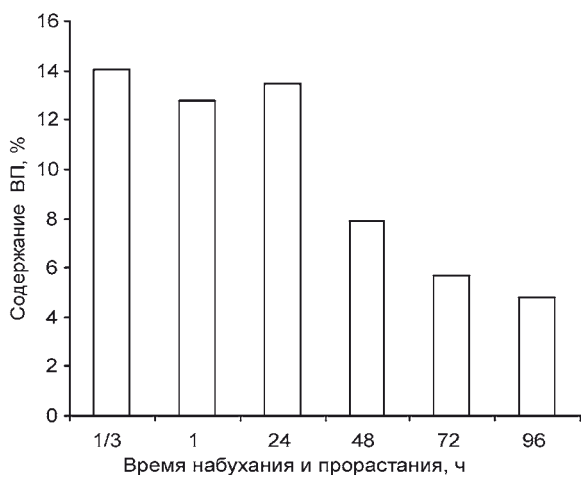


Рис. 8. Мобилизация ВП в семенах *G. orientalis* при набухании и прорастании.

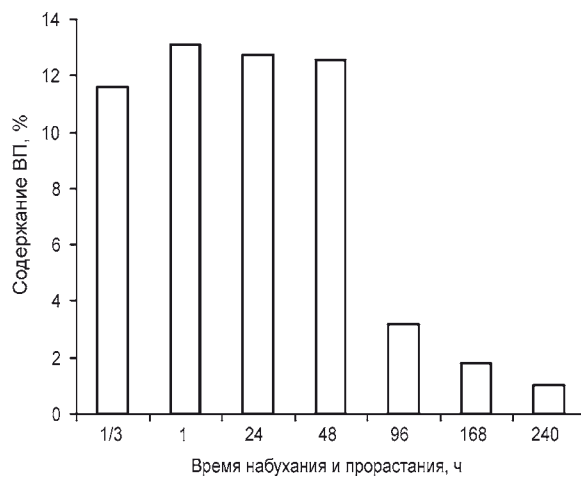


Рис. 9. Мобилизация ВП в семенах *A. cicer* при набухании и прорастании.

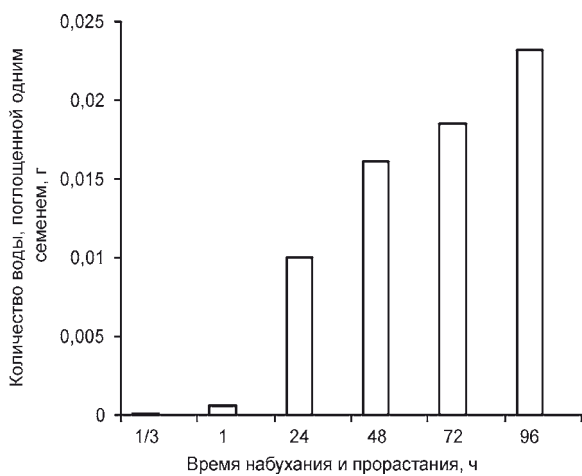


Рис. 10. Оводненность одного семени *G. orientalis* при набухании и прорастании.

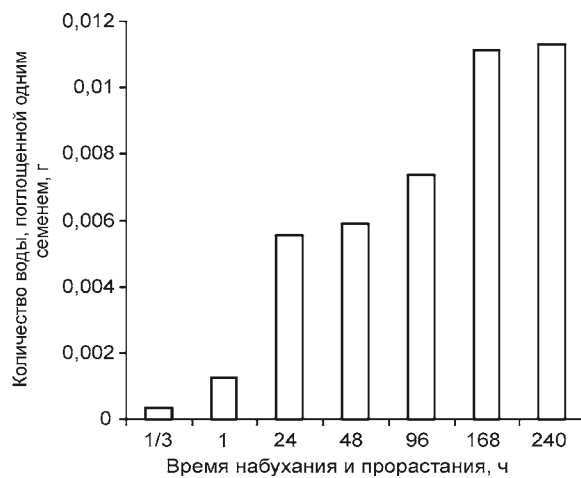


Рис. 11. Оводненность одного семени *A. cicer* при набухании и прорастании.

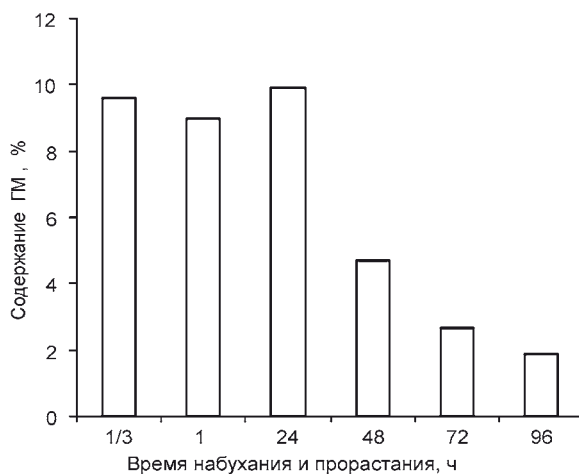


Рис. 12. Мобилизация ГМ в семенах *G. orientalis* при набухании и прорастании.

Соотношение мономеров в водорастворимых полисахаридах и галактоманнах в процессе прорастания семян *Galega orientalis*

Время опыта	Молярное соотношение манноза : галактоза	
	в ВП	в ГМ
Контроль 1 (сухие семена)	1,04±0,01	1,10±0,02
Контроль 2 (с серной кислотой)	1,03±0,04	1,09±0,01
1/3 ч	1,04±0,02	1,11±0,05
1 ч	1,05±0,01	1,09±0,02
24 ч	1,03±0,01	1,07±0,04
48 ч	1,03±0,01	1,08±0,01
72 ч	1,02±0,03	1,06±0,02
96 ч	1,02±0,01	1,07±0,01

сравнению с минимальным (до 3.2 % ВП от первоначального их количества). И далее, при увеличении уровня оводненности одного семени для *G. orientalis* в 166 раз, а для *A. cicer* в 36 раз, по сравнению с минимальными, содержание ВП от первоначального уровня снижается до 4.79 и 1.01 %, соответственно (рис. 10, 11, табл. 2).

Характер изменений количеств суммарных водорастворимых полисахаридов *G. orientalis* подобен таковому для очищенных галактоманнанов (рис. 8, 12).

Содержание галактоманнанов *G. orientalis* в процессе набухания и прорастания также не изменяется в течение 1/3–24 ч. Резкое уменьшение содержания ГМ в семенах происходит при увеличении уровня оводненности одного семени в 115 раз, по сравнению с минимальным. При дальнейшем увеличении уровня оводненности семени (в 133 раза относительно минимального) содержание ГМ уменьшается более чем в 1.5 раза. Минимальное количество ГМ — 1.89 % от первоначального их количества — совпадает с максимальной оводненностью семени (рис. 10, 12). Это происходит с появлением хорошо выраженных зеленых семядольных листочков через 96 ч после начала набухания. Полная утилизация ГМ совпадает, вероятно, с началом перехода проростков к автотрофному питанию.

Молярное соотношение М : Г в молекуле ГМ, определенное нами для *G. orientalis* в процессе прорастания, от начала набухания семени до появления зеленых семядольных листочков, оставалось неизменным, на уровне первоначального, как в суммарных препаратах ВП, так и в препаратах очищенных ГМ (табл. 3). Но среди исследователей отсутствует единое мнение о том, как протекают процессы мобилизации ГМ в семенах различных видов семейства *Fabaceae* при прорастании. Так, например, ряд авторов считает, что процесс мобилизации галактоманнанов в семенах *Ceratonia siliqua* (триба *Cassieae*, подсемейство *Caesalpinioideae*, М : Г 4) и *Cyatopsis tetragonoloba* (триба *Indigofereae*, подсемейство *Faboideae*, М : Г 2) подобен мобилизации галактоманнана *Trigonella foenum-graecum* (триба *Trifolieae*, подсемейство *Faboideae*, М : Г 1.3), несмотря на таксономические различия и различие в соотношении манноза : галактоза в молекуле галактоманнана вышеназванных видов (Dea, Morrison, 1975; McCledon, 1976; Seiler, 1977). Но, при этом, само соотношение мономеров в молекуле галактоманнана — М : Г в процессе прорастания семян *Trigonella foenum-graecum* не менялось, а в процессе прорастания семян *Sesbania marginata* Benth на 4-й день, наоборот, было отмечено увеличение соотношения мономеров (Reid, 1970; Reid and Meier, 1970; Buckeridge, Dietrich, 1996).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В семенах интродуцированных в условиях умеренных широт Сибири видов трибы *Galegeae*: *Galega orientalis*, *Astragalus falcatus* и *A. cicer* (подсемейство *Faboideae*) было исследовано содержание галактоманнанов в периоды формирования семян при созревании и мобилизации при прорастании. Было обнаружено, что галактоманна-

ны в минимальных количествах появляются уже на первых стадиях формирования семян, резко увеличиваясь к фазе «зеленых семян» (молочной спелости). Максимальное накопление галактоманнанов наблюдается у исследованных видов в фазу «восковой-полной» спелости. Дегградация галактоманнанов в семенах при прорастании на-

чинается при определенном уровне оводненности семени. Максимальный уровень оводненности семени соответствует минимальному количеству галактоманнанов.

Соотношение мономеров маннозы и галактозы в молекуле галактоманнана *G. orientalis* при созревании семян и в процессе их прорастания

остаётся практически неизменным, на уровне первоначального, как в суммарных препаратах водорастворимых полисахаридов, так и в очищенных галактоманнах. Это свидетельствует о том, что галактоманнан *G. orientalis*, формируясь высокозамещенным, остаётся таковым в течение процессов созревания и прорастания семян данного вида.

ЛИТЕРАТУРА

- Анулов О.В., Смирнова Н.И., Местечкина Н.М., Шретер И.А., Щербухин В.Д. Характеристика и структура галактоманнана астрагала серпоплодного (*Astragalus falcatus* Lam.) // Прикл. биохимия и микробиол. 1995. Т. 31. № 6. С. 645–649.
- Егоров А.В. Изучение структуры замещенных β -маннанов семян бобовых и синтез их биологически активных сульфатированных производных: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 25 с.
- Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по прорастанию покоящихся семян. Л., 1985. 347 с.
- Смирнова Н.И., Довлетмуратов К., Щербухин В.Д. Изучение структуры и свойств галактоманнана семян *Lagonychium farctum* // Прикл. биохимия и микробиол. 1987. Т. 23. № 4. С. 467–471.
- Щербухин В.Д., Местечкина Н.М., Смирнова Н.И., Анулов О.В. Галактоманнан гледичии обыкновенной (*Gleditsia triacanthos* L.), интродуцированной в России // Прикл. биохимия и микробиол. 1997. Т. 33. № 2. С. 213–216.
- Щербухин В.Д., Анулов О.В. Галактоманнаны семян бобовых (обзор) // Прикл. биохим. и микробиол. 1999. Т. 35. № 3. С. 257–274.
- Buckeridge M.S., Dietrich S.M.C. Mobilization of the raffinose family oligosaccharides and galactomannan in germinating seeds of *Sesbania marginata* Benth. (*Leguminosae* — *Faboideae*) // Plant Science, 1996, Vol. 117. P. 33–43.
- Buckeridge M.S., Reid J.S.G. Major cell wall storage polysaccharides in legume seeds: Structure, catabolism and biological functions // Ciencia e Cultura. 1996. Vol. 48 (3). P. 153–162.
- Bulpin P.V., Gidley M.J., Jeffcoat R., Underwood D.R. Development of a biotechnological process for the modification of galactomannan polymers with plant α -galactosidase // Carbohydr. Polym. 1990. Vol. 12. № 2. P. 155–168.
- Campbell J., Thesis Ph. D. The biosynthesis of storage galactomannans in developing seeds of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*, *Leguminosae*) and related chemotaxonomic studies // Univ. Stirling, Scotland, 1978.
- Chudzikowski R.J. Guar gum and its applications // J. Soc. Cosmet. Chem. 1971. Vol. 22. P. 43–60.
- Courtois J.E., Le Dizet P. Action of some enzyme preparations on galactomannans of clover and gleditsia // Bull. Soc. Chem. Biol. 1963. Vol. 45. P. 731.
- Daoud K.M. The reserve polysaccharide of the seed of fenugreek: its oligestibility and its fate during germination // Biochem. J. 1932. Vol. 26. P. 255–263.
- Dea I.C.M., Morrison A. Chemistry and interaction of the seed galactomannan // Adv. in carbohydr. chem. and biochem. 1975. Vol. 31. P. 241–312.
- Edwards M.E., Reid J.S.G. Galactomannans and other cell wall storage polysaccharides in seeds // Food Polysaccharides and their application. N.Y.: Marcel Dekker, Inc. 1995. P. 155–185.
- Mallet L., McCleary B.V., Matheson N.K. Galactomannan changes in developing *Gleditsia triacanthos* seeds // Phytochemistry, 1987. Vol. 26. № 7. P. 1889–1884.
- McCledon J.H., Nolan W.G., Wenzler H.F. The role of the endosperm in the germination of legumes. Galactomannans, nitrogen and phosphorus changes in the germination of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*, *Leguminosae*) // Am. J. Bot. 1976. Vol. 63. P. 790–797.
- Reid J.S.G., Meier M. Chemotaxonomic aspects of the reserve galactomannans in leguminous seeds // Z. Pflanzenphysiologie. 1970. Vol. 62. № 1. P. 89–92.
- Reid J.S.G., Meier H. Formation of reserve GM in the seeds *Trigonella foenum-graecum* // Phytochemistry. 1970. Vol. 9. № 3. P. 513–520.
- Reid J.S.G. Reserve galactomannan metabolism in germinating seeds of *Trigonella foenum-graecum* L. (*Leguminosae*) // Planta. 1971. Vol. 100. P. 131–142.
- Reid J.S.G., Edwards M.E., Gidley M.J., Clark A.H. Mechanism and regulation of galactomannan biosynthesis in developing leguminous seeds // Biochem. Soc. Transaction. 1992. Vol. 20, № 1. P. 23–26.
- Seiler A. Galactomannanabbau in keimenden Johannisbrodsamen (*Ceratonia siliqua* L.) // Planta. 1977. Vol. 134. P. 209–221.

ПРАВИЛА

для авторов журнала «Растительный мир Азиатской России
(Вестник Центрального сибирского ботанического сада СО РАН)»

В журнале «Растительный мир Азиатской России (Вестник Центрального сибирского ботанического сада СО РАН)» публикуются оригинальные статьи и обзоры, не опубликованные ранее. Решение о публикации принимается редакционной коллегией журнала после рецензирования, с учетом актуальности и значимости представленных материалов исследований. В журнал принимаются статьи, отражающие теоретические и методологические проблемы структуры и функционирования растительного мира Азиатской России, его ресурсный потенциал, вопросы интродукции и сохранения генофонда.

На публикацию статьи авторов сторонних учреждений требуется сопроводительное письмо на бланке соответствующего учреждения с рекомендацией к публикации.

Статьи представляются в печатном и электронном вариантах (на дискетах, по e-mail, CD-дисках, Flash-носителях).

Рукопись статьи должна представлять собой распечатку полной версии текста (включая иллюстративный материал) на белой бумаге формата А4 в двух экземплярах через 1.5 интервала, размер шрифта 12 пт., поля — по 2 см со всех сторон. Объем рукописи, включая литературу и таблицы, не более 14 страниц (обзорных и проблемных статей — 20 стр., кратких сообщений — 7 стр., для хроники и рецензий — 3 стр.).

Электронный вариант — в формате MS Word for Windows (*.doc, *.rtf). Шрифт основного текста — Times New Roman, спецсимволов — Symbol, абзацы неформатированные, без красных строк и переносов, разделяются пробельной строкой. Выделения и спецсимволы дублируются на полях в распечатке оригинала рукописи. В десятичных дробях после целой части числа следует использовать точку.

Ссылки на литературу даются в тексте в скобках (фамилия, год). Список литературы под заголовком «Список литературы» приводится после основного текста. В тексте при ссылке на работу иностранных авторов фамилии даются в оригинальном написании, с указанием года опубликования работы, например: (Fray, 1957). В рукописи ссылки на литературу располагаются в хронологическом порядке опубликования работ, например: «Многие авторы (Заварзин, 1927; Шенников, 1964) описали...».

Текст статьи должен быть оформлен следующим образом:

1. УДК.
2. Инициалы, фамилия автора (на русском и английском языках), адрес электронной почты.
3. Название статьи на двух языках.
4. Название учреждения, где выполнялась работа, и его почтовый адрес, включая факс и адрес электронной почты, если работа выполнена в вузе, указать кафедру (на двух языках).
5. Аннотация не более 5 строк (на двух языках).
6. Ключевые слова (на двух языках).
7. Текст статьи (по возможности) должен иметь разделы: «Введение», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Выводы» или «Заключение». Четко должна быть определена цель работы и в конце даны выводы. При использовании сокращений (кроме общепринятых) необходимо давать их расшифровку в тексте или в примечаниях. Авторы в своих статьях должны придерживаться Международного кодекса ботанической номенклатуры.

В статье необходимо использовать только Международную систему единиц СИ. Все аббревиатуры, приводимые в тексте, следует расшифровать при их первом упоминании.

Названия таксонов родового и видового ранга должны быть выделены курсивом. Обороты типа sp.n., gen.n., sup.n. даются полужирным шрифтом.

При первом упоминании видов, внутривидовых таксонов необходимо указывать их авторов.

8. Благодарности.

9. Список литературы (с новой страницы) должен содержать цитированные в тексте работы, расположенные в алфавитном порядке. Сначала приводится перечень работ на русском и других языках, использующих кириллицу, а затем работы на языках с латинским алфавитом. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

ПРИМЕРЫ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ

Монографии

Шенников А.П. Введение в геоботанику. Л., 1964. 448 с.
Гроссгейм А.А. Флора Кавказа. Баку, 1940. Т. 2. 284 с.
Определитель растений Мещеры / Под ред. В.Н. Тихомирова. М., 1986. Ч. 1. 240 с.; 1987. Ч. 2. 224 с.
Хромосомные числа цветковых растений / Под ред. А.А. Федорова. Л., 1969. 926 с.
Международный кодекс ботанической номенклатуры (Токийский кодекс) / Пер. с англ. СПб., 1996. 191 с.
Cronquist A. The evolution and classification of flowering plants. 2nd ed. New York, 1988. 555 p.

Журналы

Князев М.С. Новый вид рода *Veronica* (*Scrophulariaceae*) // Бот. журн. 2000. Т. 85. № 9. С. 116–119.
Inamdar I.A., Murty G.S. Vein-endings of some *Solanaceae* // Proc. Ind. Acad. Sci. 1981. Vol. 90. № 1. P. 33–56.

Сборники, тезисы

Петрова Л.Р., Сафина Л.К. Сем. *Dioscoreaceae* // Сравнительная анатомия семян. Л., 1985. Т. 1. С. 133–136.
Пылаев И.Г., Тяк Г.В., Шутов В.В. Некоторые особенности развития парциального куста черники и голубики // Дикорастущие ягодные растения СССР: Тез. докл. на Всесоюз. совещ. «Изучение, заготовка и охрана лесных дикорастущих ягодников». Петрозаводск, 1980. С. 139–141.

Депонированные научные работы

Ковтонюк Н.К., Иванов В.П. Изучение поверхности семян сибирских видов рода *Juncus* (*Juncaceae*). М., 1986. 24 с. Деп. в ВИНТИ 18.12.86, № 786–В86.

Диссертации

Аветисян Е.М. Палинология надпорядка *Campanulanaeae*: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Ереван, 1988. 34 с.

10. Таблицы (каждая на отдельном листе) должны иметь заголовки, порядковые номера, на которые следует ссылаться в тексте. На полях рукописи (слева) карандашом указываются места расположения таблиц при первом упоминании их в тексте. Все сокращения, использованные в таблице, должны быть пояснены в примечании, расположенном под ней.

11. Иллюстрации (рисунки, графики, диаграммы), а также фотоснимки (высокого качества на белой глянцевой бумаге), с приложением подписей на отдельной странице. На обороте каждого рисунка и фотографии карандашом указываются фамилии авторов и номер рисунка, обозначаются верх и низ. Иллюстрации и фотографии нумеруются в порядке упоминания в тексте. На полях рукописи (слева) указываются карандашом места их расположения (при первом упоминании). Фотографии объектов, исследованных с помощью микроскопа, должны сопровождаться масштабными линейками, с указанием длины линейки. Форматы растровых графических файлов: jpg, tif. Разрешение иллюстраций: цветные и в оттенках серого — 300 dpi, штриховые рисунки — 600 dpi, векторные рисунки — в форматах cdr (Corel Draw), svg.

Рукопись подписывается автором (авторами), с указанием даты отправления на последней странице.

В авторской корректуре допускается лишь исправление ошибок набора и не разрешается вносить в текст другие изменения. Исправленный вариант статьи должен быть возвращен в редакцию вместе с первоначальным. Возможен вариант обмена электронной почтой и факсом.

Статьи, не соответствующие указанным требованиям, приниматься к публикации не будут.

Адрес редакции: 630090, г. Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101,
Центральный сибирский ботанический сад СО РАН,
«Растительный мир Азиатской России (Вестник Центрального
сибирского ботанического сада СО РАН)».
E-mail: plaru@rambler.ru; tarax@mail.ru.
Тел.: 8 (383) 330-80-49; факс: 8 (383) 330-19-86.