

Изменчивость содержания биологически активных веществ у интродукционных популяций зверобоя продырявленного в сравнении с сортом Золото долинским

И. И. БАЯНДИНА

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН
630090 Новосибирск, ул. Золото долинская, 101

АННОТАЦИЯ

Исследовалась изменчивость по содержанию биологически активных веществ у интродуцированных популяций зверобоя продырявленного (*Hypericum perforatum* L.).

Двухлетний интродукционный эксперимент выявил, что по сравнению с пятнадцатью интродуцированными популяциями стабильные и высокие показатели по содержанию гиперидинов, флавоноидов, дубильных и экстрактивных веществ и урожайности показал сорт Золото долинский. Существует положительная корреляция между содержанием флавоноидов и экстрактивных веществ ($r = 0,67$), флавоноидов и гиперидинов ($r = 0,65$) флавоноидов и дубильных веществ ($r = 0,53$), гиперидинов и экстрактивных веществ ($r = 0,55$). Определена адаптивная норма для культивируемого зверобоя продырявленного по содержанию, %: гиперидинов – 0,36–0,49, флавоноидов – 2,9–3,5, дубильных веществ – 4,9–5,6, экстрактивных веществ – 27–28.

Среди лекарственных растений, широко применяемых в прошлом и в настоящее время, видное место занимает зверобой продырявленный – *Hypericum perforatum* L., внесенный в Государственную фармакопею СССР [1]. Потребности медицинской и пищевой промышленности в сырье зверобоя непрерывно возрастают, тогда как природные запасы уменьшаются как из-за нерационального потребления, так и из-за загрязнения окружающей среды. Поэтому становится актуальным создание промышленных плантаций зверобоя продырявленного. В ЦСБС СО РАН с 1983 г. ведутся работы по введению зверобоя в промышленную культуру для медицинской и пищевой промышленности. Е. В. Тюрина методами отбора на урожайность и семенную продуктивность получила вырощенную чемальскую популяцию, которая послужила основой для первого сорта-стандарта Золото долинский зверобоя продырявленного [2]. В связи с этим для решения интродукцион-

ных и селекционных задач возникла необходимость изучения изменчивости содержания биологически активных веществ у индивидуальных растений из интродукционных популяций и сорта Золото долинский зверобоя продырявленного.

Основными действующими веществами, переходящими в водные, спиртовые и водно-спиртовые растворы, являются гиперидины, флавоноиды и дубильные вещества, и количество этих веществ определяет качество сырья зверобоя продырявленного, поэтому именно эти показатели выбраны нами для комплексной оценки.

Наметившийся в последние годы популяционный подход в интродукции растений предполагает более полный охват генофонда вида при интродукционном эксперименте, причем успех работы во многом зависит от правильного выбора исходных популяций. Необходимо создавать интродукционные популяции на базе

естественных, богатых резервом наследственной изменчивости [3].

До недавнего времени проблема внутривидовой изменчивости растений изучалась главным образом в морфологическом отношении. Данные о биохимической изменчивости отдельных особей в пределах одного вида начали накапливаться только в течение последних десятилетий, причем сразу же выяснилось, что внутривидовая изменчивость может быть очень значительной. В связи с этим возникает вопрос, что же включает в себя понятие "биохимическая норма". В настоящее время для многих видов показано, что наиболее приспособленными к широкому спектру условий среды оказываются особи, минимально уклоняющиеся от популяционной средней по количественным признакам, поэтому представление о норме как о среднестатистическом варианте часто совпадает с теоретическим определением нормы как меры функционального оптимума популяции. Так как к хорошему сорту предъявляется много требований по различным его признакам, то наиболее оптимальным было бы равномерное распределение жизненного потенциала по всем хозяйственно ценным признакам так, чтобы их значения были в пределах адаптивной нормы по каждому признаку. Знание адаптивной нормы для конкретных условий позволяет задавать идеал по изучаемым признакам при создании сорта данного вида или при отборе высокопродуктивных интродукционных популяций.

Изучение популяций в интродукционном эксперименте позволяет сравнивать популяции в выровненных и контролируемых условиях среды, которые являются фоном для выявления адаптивной нормы и приспособительных возможностей различных популяций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовали растения сорта Золото долинский и других интродуцированных популяций. Для сравнительного изучения были привлечены наиболее перспективные популяции, выявленные в процессе предварительного исследования, а также популяции, выращенные из семян, полученных из Алма-Атинского ботани-

ческого сада и из районов Центрального Алтая, собранных в экспедиции:

- 1) сорт Золото долинский;
- 2) страсбургская популяция – Франция (2-я репродукция);
- 3) популяция из Брно – Чехия, ботанический сад Брно (2-я репродукция);
- 4) популяция из Вацратота – Венгрия, ботанический сад (2-я репродукция);
- 5) рижская популяция – Латвия, Рижский ботанический сад (2-я репродукция);
- 6) московская популяция – Россия, ботанический сад ВИЛР (2-я репродукция);
- 7) хорогская популяция – Таджикистан, Памирский ботанический сад (2-я репродукция);
- 8) алма-атинская популяция – Казахстан, Алма-Атинский ботанический сад;
- 9) популяция из Голубого залива – Казахстан (2-я репродукция);
- 10) популяция из Кузнецкого Алатау – Россия, Кемеровская область (2-я репродукция);
- 11) коёнская популяция – Россия, Новосибирская область (1-я репродукция);
- 12) юстикская популяция – Россия, Горный Алтай (1-я репродукция);
- 13) чойская популяция – Россия, Горный Алтай;
- 14) верх-уймонская популяция – Россия, Горный Алтай;
- 15) кайтанакская популяция – Россия, Горный Алтай;
- 16) синтетическая популяция, созданная Е. В. Тюриной из семян наиболее продуктивных растений, отобранных из сорта Золото долинский и других интродуцированных популяций.

Растения выращивали на экспериментальном участке лаборатории лекарственных и пряноароматических растений ЦСБС СО РАН д-ром биол. наук Е. В. Тюриной и ее сотрудниками.

Семена посеяны осенью 1988 г. под зиму рядами на расстоянии 50 см. Норма высева и условия выращивания были одинаковыми. Растения выращивали в течение трех лет. Измерения осуществляли на второй (1990) и третий (1991) годы жизни. Все определения содержания веществ производили в фазе полного цветения. Биохимический анализ проводили отдельно на

15 побегах растений, случайно выбранных из популяции.

Побеги, в которых определяли содержание веществ, размалывали и в спиртовом экстракте измеряли содержание гиперидинов, флавоноидов, дубильных и экстрактивных веществ [4, 5]. Все анализы производили в двух повторностях. Все материалы статистически обработаны [6,7] Условные обозначения, используемые в работе: M – среднееарифметическое, s – стандартное отклонение, CV – коэффициент вариации, r – коэффициент корреляции.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для всех биохимических признаков вычислены средние значения, стандартные отклонения, коэффициенты вариации (табл. 1).

Наибольшей изменчивостью обладает содержание гиперидинов, наименьшей – экстрактивных веществ. Содержание дубильных веществ более изменчиво, чем содержание флавоноидов. Таким образом, все биохимические признаки имеют нормальное варьирование (от 5 до 44 %) [7].

Для каждой из шестнадцати исследованных популяций определены средние значения, стандартные отклонения и пределы варьирования для содержания гиперидинов, флавоноидов, дубильных и экстрактивных веществ, которые приведены на рис. 1.

Нашей задачей было выяснить, имеется ли среди исследуемых популяций, превосходящая сорт Золотодолинский по содержанию биологически активных веществ.

Сравнение средних значений нескольких независимых распределений проводилось с помощью одномерного дисперсионного анализа

Таблица 1

Средние значения, стандартные отклонения и коэффициенты вариации биохимических показателей зверобоя продырявленного 2-го года жизни (1990 г.) (230 растений)

Содержание, %	M	s	CV
Гиперидинов	0,452	0,177	39,07
Флавоноидов	3,22	0,717	22,27
Дубильных веществ	4,71	1,184	25,17
Экстрактивных веществ	25,52	4,681	18,34

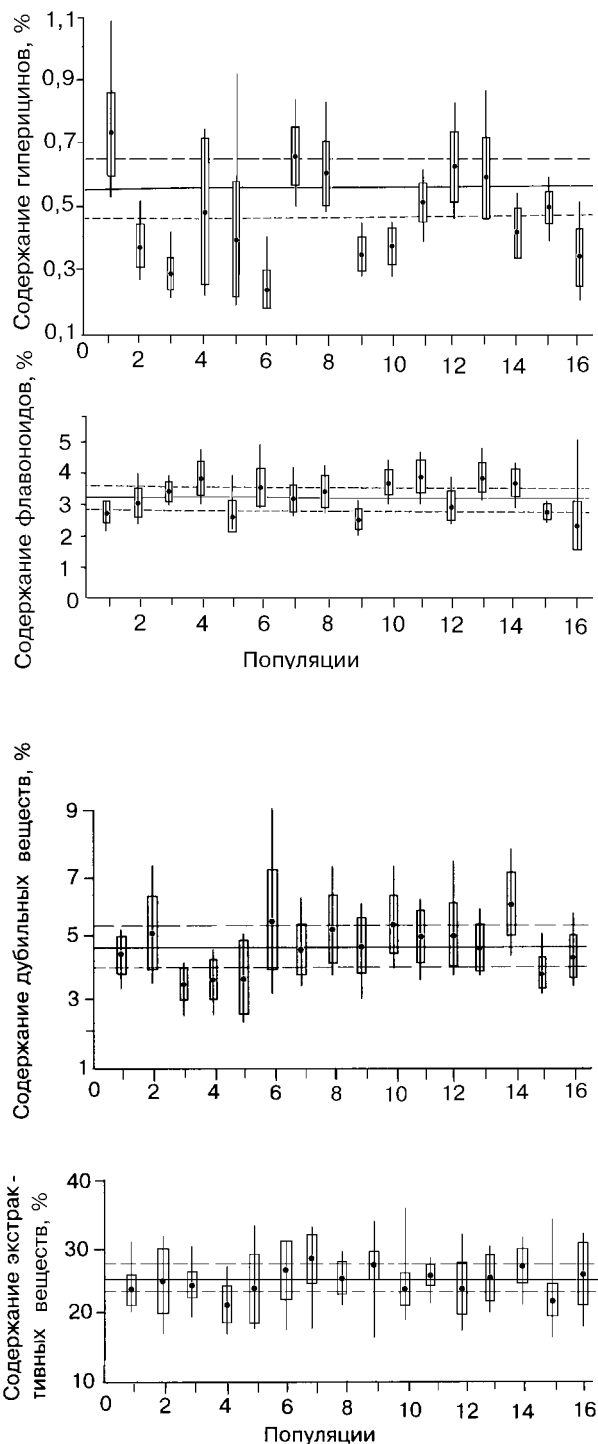


Рис. 1. Изменчивость биохимических признаков у интродуцированных популяций зверобоя продырявленного на 2-й год жизни (1990).

Здесь и на рис. 2 графически представлены среднее арифметическое, стандартное отклонение и диапазон изменчивости для каждой популяции. Горизонтальной линией изображено среднее арифметическое для всех популяций, пунктиром показана адаптивная норма.

Таблица 2

Популяционная изменчивость по интенсивности развития 8 продуктивных признаков в баллах

Популяция	Среднепопуляционный балл	Доля растений популяции, имеющих балл выше среднепопуляционного	
		%	
Сорт Золотодолинский	30	42	50
Синтетическая	29	41	28
Хорогская	28	30	10
Чойская	27	53	6
Алма-Атинская	27	40	13
Голубой залив	26	43	–
Рижская	23	40	6
Брно	22	33	6

[6], который показал, что по содержанию гиперцинов у сорта Золотодолинский нет конкурентов среди исследуемых популяций. По содержанию флавоноидов от сорта достоверно отличаются страбургская, юстикская и синтетическая популяции, причем выше содержание только у юстикской популяции. По содержанию дубильных веществ от сорта достоверно отличаются чойская, верх-уймонская, кайтанакская популяции и популяция из Голубого залива, из них содержание дубильных веществ выше у чойской и популяции из Голубого залива. Содержание экстрактивных веществ у сорта выше, чем у четырнадцати популяций, различия же между сортом и коёнской популяцией недостоверны.

Таким образом, сорт Золотодолинский наилучший по содержанию биологически активных веществ.

По всем популяциям проведен структурный анализ [8] по четырем морфологическим и четырем биохимическим признакам: длине побега и листа, числу пар листьев на главном побеге и числу генеративных органов, содержанию гиперцинов, флавоноидов, дубильных и экстрактивных веществ.

Полученные данные свидетельствуют о том, что сорт по восьми признакам имеет самый высокий среднепопуляционный балл – 30. 42 % растений имеют балл выше среднепопуляционного (33–43), из них 50 % растений по большинству продуктивных признаков находятся в 5-м и 6-м классах интенсивности развития. По этим показателям близки к сорту синтетическая популяция, популяции из Алма-Атинского и Памирского ботанических садов (табл. 2).

Урожайность зверобоя в 1990 г. была самая высокая за все годы испытания (60–90 ц/га), при этом реализовались почти все потенциальные возможности растений. Осень 1990 г. была очень неблагоприятной для многолетних растений, наблюдались ранние морозы до 25–30 °С при отсутствии снежного покрова. Многие популяции 3-го года жизни выпали полностью, некоторые – на 50 %, сорт же оказался более устойчивым (выпадение растений 15–30 %).

В 1991 г. исследованы шесть выживших популяций. Для всех биохимических признаков вычислены средние значения, стандартные отклонения, коэффициенты вариации; для сравнения приведены аналогичные средние значения для этих же шести популяций урожая 1990 г. (табл. 3).

Таблица 3

Средние значения, стандартные отклонения и коэффициенты вариации биохимических показателей у шести популяций зверобоя продырявленного 2-го (1990) и 3-го (1991) годов жизни

Содержание, %	M		s		CV	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991
Гиперицинов	0,483	0,420	0,161	0,132	33,33	31,43
Флавоноидов	3,150	3,210	0,719	0,604	22,82	18,82
Дубильных веществ	4,860	5,320	1,195	0,919	24,58	17,26
Экстрактивных веществ	26,39	29,18	4,676	4,151	17,72	14,22

Сравнение содержания биологически активных веществ в 1990 и 1991 гг. показывает, что средние значения содержания гиперидинов, флавоноидов, дубильных и экстрактивных веществ достоверно не отличаются, а стандартные отклонения для этих же величин меньше в 3-й год жизни, чем во 2-й. Коэффициенты вариации всех биохимических признаков меньше в 1991 г., чем в 1990.

Для каждой из шести исследованных популяций определены средние значения, стандартные отклонения и пределы варьирования содержания гиперидинов, флавоноидов, дубильных и экстрактивных веществ, которые приведены на рис. 2.

По содержанию гиперидинов и экстрактивных веществ ни одна из популяций достоверно не отличается от сорта Золото долинский, в алма-атинской популяции достоверно большее содержание флавоноидов, а дубильных веществ больше в алма-атинской и популяции из Голубого залива.

Нами проведено сравнение между средними значениями, полученными для шести популяций во второй и третий год жизни по критерию Стьюдента и между стандартными отклонениями по критерию Фишера.

Из всех исследованных популяций сорт Золото долинский показал самые стабильные биохимические показатели: достоверно отличаются только содержания гиперидинов, а по содержанию флавоноидов, дубильных и экстрактивных веществ отличия недостоверны. Рижская и алма-атинская популяции, а также популяции из Коёна и Голубого залива имеют недостоверные различия по двум из четырех биохимических признаков, а популяция из Брно – только по содержанию гиперидинов. Из всех биохимических признаков выделяется содержание флавоноидов, так как только по нему достоверно различаются дисперсии у всех популяций. Только флавоноиды сохраняют стабильное среднее значение в различные годы, но реагируют изменением дисперсии на изменение условий произрастания год от года. Это дает нам возможность предположить, что содержание флавоноидов наиболее зависит от внешних условий.

Одним из важнейших показателей, характеризующих продуктивность растений, является урожайность. Стабильные и высокие показатели

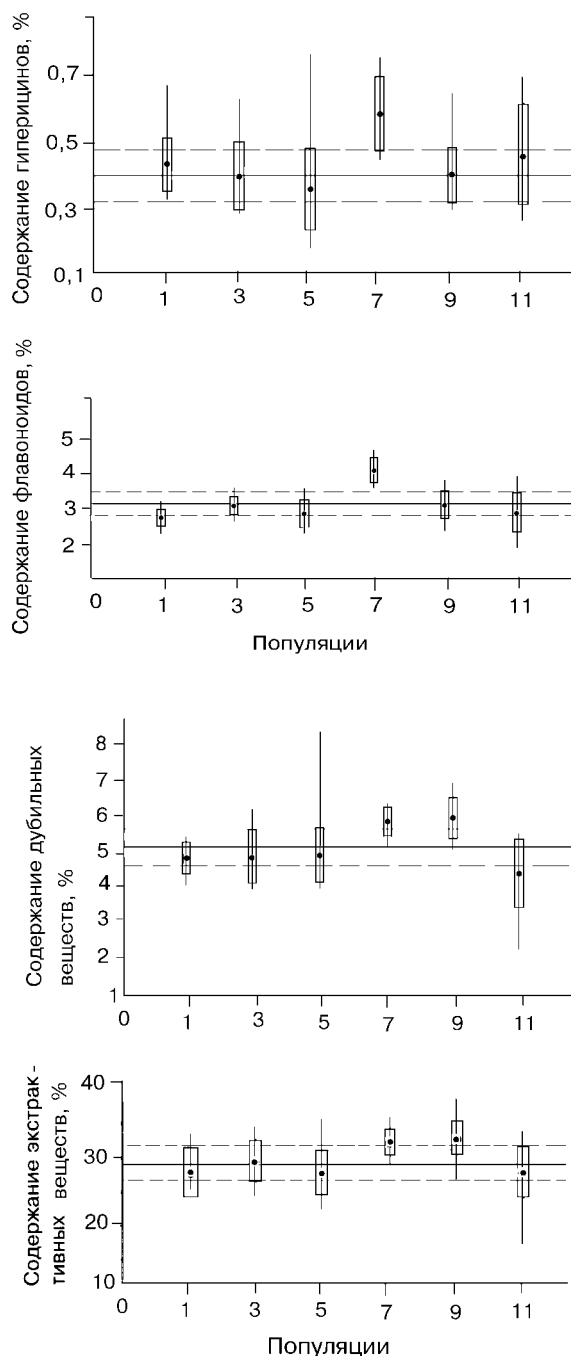


Рис. 2. Изменчивость биохимических признаков у интродуцированных популяций зверобоя продырявленного на 3-й год жизни (1991).

ли имеют сорт Золото долинский (85,9 ц/га на второй год жизни и 68,0 – на третий), рижская популяция (75,6 ц/га на второй год жизни и 68,0 – на третий).

Таким образом, двухлетний интродукционный эксперимент выявил стабильные и высокие

Адаптивные нормы по биохимическим признакам культивируемого зверобоя продырявленного

Содержание, %	Адаптивная норма	
	1990	1991
Гиперицинов	0,36–0,54	0,36–0,49
Флавоноидов	2,9–3,6	2,9–3,5
Дубильных веществ	3,8–5,6	4,9–5,8
Экстрактивных веществ	23–28	27–31

показатели содержания биологически активных веществ у сорта Золотодолинский.

Для выявления корреляционных связей между биохимическими признаками – содержанием гиперацинов, флавоноидов, дубильных и экстрактивных веществ – проведен корреляционный анализ данных, полученных в 1991 г. для отдельных растений из исследованных популяций.

Полученные значения коэффициентов корреляции свидетельствуют о положительной корреляции между содержанием флавоноидов и экстрактивных веществ ($r = 0,67$), флавоноидов и гиперацинов ($r = 0,65$), флавоноидов и дубильных веществ ($r = 0,53$), гиперацинов и экстрактивных веществ ($r = 0,55$) (рис. 3).

Нами рассчитаны коэффициенты для уравнений линейной регрессии, которые связывают все биохимические признаки:

$$C_h = 0,153 C_f - 0,070$$

$$C_h = 0,019 C_e - 0,145$$

$$C_f = 0,336 C_t + 1,282$$

$$C_f = 0,098 C_e + 0,267$$

$$C_t = 0,121 C_e + 1,994,$$

где C_h , C_f , C_t , C_e – содержание гиперацинов, флавоноидов, дубильных и экстрактивных веществ в процентах.

Существование положительной корреляции между биохимическими признаками позволяет нам, определив содержание даже одного биологически активного вещества, оценить содержание других биологически активных веществ, что может упростить массовые анализы при селекционной работе.

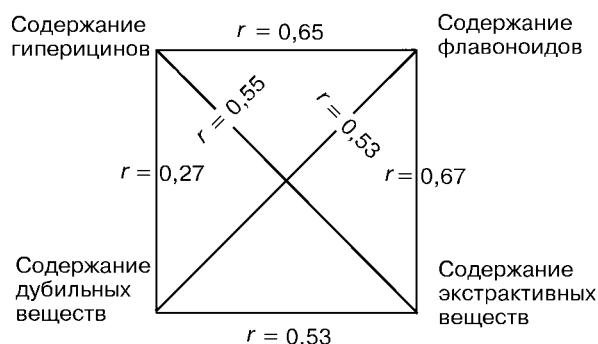


Рис. 3. Корреляционные связи между биохимическими признаками зверобоя продырявленного.

Используя данные двухлетнего интродукционного эксперимента, мы можем определить "биохимическую норму" по содержанию гиперацинов, флавоноидов, дубильных и экстрактивных веществ. Нам представляется наиболее подходящим понятие "адаптивная норма", предложенное Ю.П. Алтуховым и определяемое как $M \pm 0,5s$ [9]. Рассматривая все исследованные растения как представителей одной генеральной совокупности – зверобоя продырявленного, культивируемого в условиях интродукционного участка лаборатории интродукции лекарственных растений ЦСБС СО РАН – можно определить адаптивную норму по биохимическим признакам во 2-й и 3-й годы жизни (табл. 4).

Значения адаптивной нормы хотя и меняются год от года, но незначительно. Тем не менее эти вероятностные характеристики позволяют нам увидеть образ "идеального" растения, лучше всего приспособленного к данным условиям, а также они дают представление о норме изменчивости биохимических признаков в условиях культуры, что позволяет осуществить как поиск более высокопродуктивных популяций в природе, оценивая содержание биологически активных веществ и урожайность в интродукционном эксперименте, так и выбор правильного направления селекционной работы с данным видом.

ВЫВОДЫ

Двухлетний интродукционный эксперимент выявил, что стабильные и высокие показатели по содержанию биологически активных веществ и урожайности показал сорт Золотодолинский по сравнению с пятнадцатью интродукционными популяциями.

Существует положительная корреляция между содержанием флавоноидов и экстрактивных веществ ($r = 0,67$), флавоноидов и гиперичинов ($r = 0,65$), флавоноидов и дубильных веществ ($r = 0,53$), гиперичинов и экстрактивных веществ ($r = 0,55$).

Определена адаптивная норма для зверобоя продырявленного в условиях культуры по содержанию гиперичинов, флавоноидов, дубильных и экстрактивных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная фармакопея СССР, вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье, 11-е изд. доп., М., Медицина, 1990.
2. А. с. 4742 на сорт зверобоя продырявленного "Золотодолинский" от 03.08.88, Е. В. Тюрина, И. Н. Гуськова, Н. К. Шохина.
3. Е. В. Тюрина, Бюл. Гл. ботан. сада, 1985, 137, 32–37.
4. В. В. Беликов, Т. В. Точкова, Л. В. Шатунова и др., Растит. ресурсы, 1990, **26**: 4, 571–578.
5. Государственная фармакопея СССР, 10-е изд., М., Медицина, 1968.
6. Н. В. Глотов, Л. А. Животовский, Н. В. Хованов, Н. Н. Хромов-Борисов, Биометрия: Учеб. пособие, Л., изд-во Ленигр. ун-та, 1982.
7. Г. Н. Зайцев, Математическая статистика в экспериментальной ботанике, М., Наука, 1984.
8. Ф. А. Дворянкин, З. А. Морозова, Экология и биогеоценология, М., Изд-во МГУ, 1974, 17–28.
9. Ю. П. Алтухов, О. К. Ботвиньев, О. Л. Курбатова, *Генетика*, 1979, **15**: 2, 352–360.

Variability of Biologically Active Substance Content in Introduced St. John's Wort Populations as Compared with the Cultivar Zolotodolinsky

I. I. BAYANDINA

The variations in the content of biologically active compounds of introduced populations of St. John's wort (*Hypericum perforatum* L.) were investigated.

The cultivar Zolotodolinsky was found to have a stable and high contents of hypericins, flavonoids, tannins, extractive substances and yield as compared with other 15 introduced populations. There are positive correlations between the content of flavonoids and extractive substances ($r = 0,67$), flavonoids and hypericins ($r = 0,65$), flavonoids and tannins ($r = 0,53$), hypericins and extractive substances ($r = 0,55$). The adaptive norms of cultivated St. John's wort were determined as 0,36–0,49 % for hypericins, 2,9–3,5 % for flavonoids, 4,9–5,6 % for tannins, 27–28 % for extractive substances.