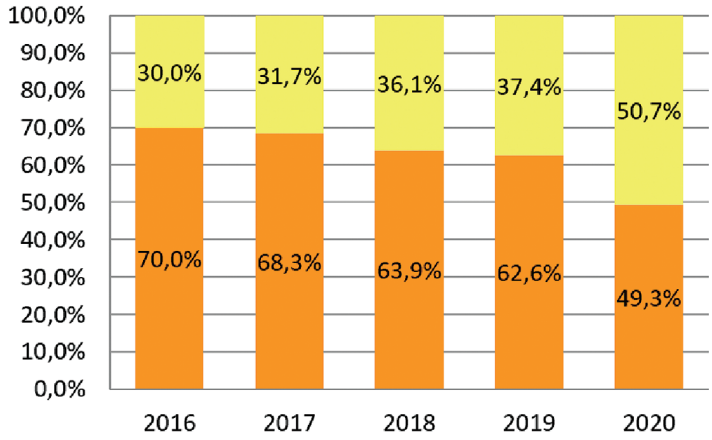

Рисунок 3 – Распределение болезней глаза и болезней придаточного аппарата глаза за период 2016–2020 гг. по городу Дрогичину и Дрогичинскому району (%)

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зильбернагль, С.В, Деспопулос, А.Г.* Наглядная физиология ; пер. с англ. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, – 2013. – 356 с.

2. *Кучеренко, В.З.* Применение методов статистического анализа для изучения общественного здоровья и здравоохранения: Учебное пособие для практических занятий / Под ред. В.З. Кучеренко. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 192с.

3. *Лоскутов, И.А.* Симптомы и синдромы в офтальмологии / Лоскутов И.А., Беликова Е.И. , Корнеева А.В. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 256 с.

4. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Минск. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/. – Дата доступа: 30.03.2021.

СОДЕРЖАНИЕ И БАЛАНС ЭНДОГЕННЫХ БРАССИНОСТЕРАИДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНАХ ЛУКОВИЧНЫХ РАСТЕНИЙ

CONTENT AND BALANCE OF ENDOGENOUS BRASSINOSTERAIDS IN DIFFERENT ORGANS OF BULB PLANTS

Т. В. Каленчук[1], И. Э. Бученков[3,4], О. Е. Соболева[2]

T. V. Kalenchuk[1], I. E. Butchenkov[3,4], O. E. Soboleva[2]

[1]Полесский государственный университет, г. Пинск, Республика Беларусь
[2]Институт биоорганической химии НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь
chrysanthemum@list.ru, koshara@mail.ru
[3]Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
[4]Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
butchenkow@list.ru

[1]Polessky state university, Pinsk, Republic of Belarus
[2]Institute of Bioorganic Chemistry National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus
[3]Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus
[4]International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

Познание эндогенных регуляторных механизмов, контролирующих основные жизненные функции организма и поиск путей управления ими, открывает широкие возможности использования потенциальных резервов самого организма с учетом факторов внешней среды. В статье представлены результаты содержания фитогормонов группы брассиностероидов в различных органах вегетативных и генеративных органах луковичных культур (*Hyacinthus, Tulipa*), различных сортовых групп, выращенных в закрытом грунте.

The knowledge of endogenous regulatory mechanisms that control the main vital functions of the organism and the search for ways to control them opens up wide opportunities for using the potential reserves of the organism itself, taking into account environmental factors. The article presents the results of the content of phytohormones of the brassinosteroid group in various organs - vegetative and generative organs bulbosa segetes (Hyacinthus, Tulipa), various varietal groups grown in greenhouses.

Ключевые слова: тюльпаны, гиацинты, луковичные культуры, иммуноферментный анализ, 24-эпибрассинолид, 28-гомобрассинолид, эндогенное содержание фитогормонов.

Keywords: Hyacinthus, Tulipa culturas bulbosas, enzyme immunoassay24-epibrassinolide, 28-homobrassinolide, endogenous content of phytohormones.

https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-1-305-308

Фитогормоны – важнейшие представители эндогенной регуляторной системы. Их отличительной чертой является способность действовать в очень малых дозах, выполняя роль регуляторов основных физиологических процессов (деления и роста клеток, состояния покоя, регуляции работы устьиц и др.). До недавнего времени общепризнанными были пять фитогормонов: ауксины, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота и этилен. Первые три относятся к соединениям, которые преимущественно стимулируют рост, два других – ингибируют [1].

Впервые брассиностероиды были обнаружены в 1970 г. Митчеллом и др. [2] в пыльце рапса (*Brassica napus* L.) и ольхи (*Alnus alutinoca* L.). Только в 1979 г. был получен один из гормонов в чистом виде и назван брассинолидом (БР). В настоящее время выделены вещества с подобной активностью из многих других растений и уже идентифицировано более 40 брассиностероидов [3]. Наиболее высокой физиологической активностью обладают три представителя этой группы соединений: брассинолид, эпибрассинолид и гомобрассинолид [4].

Применение биологически активных веществ в цветоводстве позволяет более полно реализовать потенциальные возможности растений за счет регулирования таких важных процессов, как закладка и рост корней, рост стебля, листьев, переход к цветению, продолжительность цветения, а также за счет снижения повреждающего действия неблагоприятных факторов окружающей среды [4].

Брассиностероды представляют собой класс растительных гормонов необходимых для роста, развития и адаптации растений в окружающей среде [1]. Они присутствуют во всех растительных объектах и обладают ростомодулирующим и адаптогенным действием. Содержание брассиностероидов в растениях составляет менее 10–5 % и в сопоставимых концентрациях они проявляют свое биологическое действие [3].

Эпибрассинолид (ЭБ) и гомобрассинолид (ГБ) являются первыми представителями нового поколения сельскохозяйственных химикатов с одним из брассиностероидов – 24-эпибрассинолидом и 28- гомобрассинолидом соответственно, как активным действующим веществом. Они действуют в чрезвычайно малых дозах, которые являются сопоставимыми с естественным содержанием эпибрассинолида в растениях, так он экологически безопасен, нетоксичен в отношении человека, млекопитающих, полезных насекомых и рыбы; стимуляция ЭБ физиологических процессов в растениях увеличивает урожайность и качество зерновых культур, уменьшает потери от болезней и увеличивает защитные функции к неблагоприятным условиям типа засухи, засоленности почв, холода, и т.д. ЭБ – эмульгирующий концентрат с содержанием 24-эпибрассинолида 0,25 г/л [4].

Отличительной особенностью брассиностероидов является их действие на рост растений в очень низких концентрациях (1-200 частей на миллиард). Установлено, что индукция активности α-амилазы и прорастание семян ячменя вызываются экзогенным ЭБ в концентрации 10^{-8} М, в то время как гиббереллином – 10^{-4} М. Рострегулирующий эффект соединений проявлялся при введении экзогенного ЭБ в растения различными способами: полусухой обработкой семян, их инкрустацией и замачиванием, а также опрыскиванием растений.

Скорость поглощения и передвижения ЭБ в растениях является очень важным показателем механизма действия этого регулятора. Поступление и транспорт 14С-эпибрассинолида в корни, молодые и зрелые листья, апексы проростков огурца и пшеницы показали [5], что при введении препарата в корни 14С-эпибрассинолид легко усваивался и быстро транспортировался у обоих видов растений. При обработке меченым ЭБ молодых листьев огурца он быстро поглощался, но очень медленно передвигался и только через 3 дня обнаруживался в соседних листьях, а через 7 дней – в верхних листьях огурца. В листьях пшеницы ЭБ транспортировался в апикальном направлении и его обнаруживали только через 3 дня после воздействия, в других листьях и органах не был найден даже через 7 дней. Следовательно, экзогенно примененный ЭБ на интактных растениях транспортируется акропетально.

Попытки объяснить механизм рострегулирующих реакции, обусловленных действием ЭБ, остаются пока до конца не выясненными. Вместе с тем получен большой объем данных, свидетельствующих о наличии сложных взаимодействий ЭБ с фитогормональной системой растений. Установлено, что брассиностероиды изменяют ауксиновый обмен растений ячменя, усиливают биосинтез ИУК, подавляют или не изменяют активность оксидазы ИУК. В связи с этим эффект БРС на вегетативный рост растении объясняется его воздействием сначала на содержание и активность ауксинов и цитокининов, а затем на уровень АБК и оксикоричных кислот, что обусловливает переход растений от вегетативного состояния к генеративному [5].

Установлено, что при обработке различных цветочно-декоративных культур в концентрациях 0,00025 % (эпибрассинолид) и 0,000375% (гомобрассинолид) на литр водного раствора наблюдается заметный ростостимулирующий и адаптогенный эффект, приводящий к увеличению сроков цветения, повышению качества продукции и устойчивости растений к неблагоприятным условиям и болезням. Известно также, что некоторые синтетические аналоги брассиностероидов проявляют заметную биологическую активность, сопоставимую с природными брассиностероидами [4]. Эти факторы обуславливают научный и практический интерес к синтезу и исследованию производных брассиностероидов, а также к разработке удобных, высокочувствительных и быстрых методов их анализа.

Применение биологически активных веществ в цветоводстве позволяет более полно реализовать потенциальные возможности растений за счет регулирования таких важных процессов, как закладка и рост корней, рост стебля, листьев, переход к цветению, продолжительность цветения, а также за счет снижения повреждающего действия неблагоприятных факторов окружающей среды.

Луковичные растения занимают одно из ведущих мест среди огромного разнообразия травянистых многолетников. К этой группе относятся такие весеннецветущие культуры, как тюльпаны и гиацинты. Объединяет их наличие подземного запасающего органа – луковицы и схожесть жизненного цикла, хотя относятся они к разным семействам: тюльпаны – самые яркие представители семейства лилейных (*Liliaceae*), а гиацинты – семейства гиацинтовых (*Hyacinthaceae*) [4].

В настоящее время культура тюльпанов популярна как на выгонке так и в открытом грунте. На современном этапе селекции культурных растений увеличивается значение дикорастущих видов как доноров новых ценных признаков. Перспективность такого направления в селекции, а также трудности, возникающие при этом, ярко демонстрирует история создания новых рас садового тюльпана путем использования внутривидового разнообразия среднеазиатских видов – тюльпана Фостера, Кауфмана и Грейга. Классы садового тюльпана, близко связанные по своему происхождению с дикорастущими видами, представляют интерес для промышленного цветоводства и селекции. Имея в виду большое видовое разнообразие тюльпана, можно полагать, что более смелое вовлечение их в селекцию позволит создать новые ценные формы [6].

Не менее важным представителем луковичных культур является гиацинт (в переводе с греческого «цветок дождей») – многолетнее растение, обладающее сладким густым ароматом. В ботанических садах России, Беларуси, Литвы и Латвии собраны коллекции гиацинтов наиболее распространенных сортов.

Целью нашей работы является определение количества эндогенных брассиностероидов в вегетативных и генеративных органах луковичных растений с помощью иммуноферментного анализа.

Полевой эксперимент проводился на опытном участке ЦБС НАН Беларуси, лабораторный – в ИБОХ НАН Беларуси в лаборатории химии стероидов. Исследовали влияние 24-эпибрассинолида и 28-гомобрассинолида на рост и развитие 4 сортов гиацинта гибридного (“*Anna Lisa*”, “*Perle Brilliante*”, “*Grand Maitre*”, “*Anna Lisa*”) и 4 сортов тюльпанов (“*Ollioules*”, “*Dynasty*”, “*Strong Gold*”, “*Oympiada*”). Данные сорта обладают рядом отличительных особенностей: 1) большинство сортов имеют пеструю окраску листьев, часто с яркими и широкими продольными полосками; 2) крупной изящной бокаловидной формы цветок ярких чистых окрасок; 3) раннее цветение, в условиях города Минска; 4) повышенная устойчивость к вирусу пестролепестности. Основными критериями отбора исследуемых сортов являлись: новизна сорта в коллекции, небольшой коэффициент размножения и низкая устойчивость к заболеваниям.

Опыт был поставлен в 5 вариантах. Схема постановки опыта: обработка 2-х кратная с интервалом 2 недели в стадии отрастания и начала бутонизации данных сортов. Вариант 1 – контроль (дистиллированная вода), вариант 2 – раствор ЭБ 10-7, вариант 3 – раствор ЭБ 10-9, вариант 4 – раствор ГБ 10-7, вариант 5 – раствор ГБ 10-9. В каждом варианте обрабатывали по 15 растений в 4-х кратных повторностях. Растения обрабатывались методом опрыскивания, до стекания первой капли с листа, по методике С.П. Потапова. Для обработки использовался разбрызгиватель ручной V= 1000 мл.

Растительный материал собирали в стадии массового цветения каждого сорта для конкретной культуры. Для выделения фракций содержащей брассиностероиды из вегетативной (лист, луковица) и генеративной (цветок) части пробы собирали в полевых условиях по схеме опыта. Для определения эндогенного уровня БС растительные образцы подвергали глубокой заморозке при температуре -24^{0}С и лиофильно высушивали. Лиофилизацию растительных образцов проводили под вакуумом с помощью сублимационной камеры FreeZone (“Labconco”, США). Лиофилизированные образцы взвешивали, измельчали, гомогенизировали в 3-5 мл буферного раствора (0,05 М трис, pH 7,4). Буферный экстракт центрифугировали в течении 20 мин на центрифуге BioSan LMC-4200R (“BioSan”, Латвия, 3000 об./мин). Полученный супернатан разводили и количественно анализировали в нем содержание стероидных гормонов группы 24-эпибрассинолида и группы 28-гомобрассинолида методом двухстадийного иммуноферментного анализа.

Исследование динамики экзогенных и эндогенных брассиностероидов были выполнены на базе лаборатории химии стероидов Института биоорганической химии академии наук Республики Беларусь с использование разработанных нашими коллегами иммуноферментных тест-систем.

Нами было проанализировано содержание основных групп брассиностероидов, отличающихся как по количеству атомов углерода в молекуле – С28 (24-эпибрассинолид) и С29 (28-гомобрассинолид), так и по конфигурации заместителей в боковой цепи – 24R-метил (24-эпибрассинолид) и 24S-этил (28-гомобрассинолид) (табл. 1).

Таблица 1 – Экзогенные и эндогенные брассиностероиды в вегетативных и генеративных органах луковичных культур

Название сорта	Органы растения	Среднее количество брассиностероидов, мг				
		Контроль*	24-эпибрассинолид		28-гомобрассинолид	
			10^{-7}	10^{-9}	10^{-7}	10^{-9}
1	2	3	4	5	6	7
Ollioules	Луковица	11,30±0,34	20,07±1,12	24,38±2,22	17,44±0,25	21,41±0,23
	Побег	3,31±0,28	8,24±0,46	9,52±0,42	10,74±0,84	10,97±0,61
	Цветок	0,11±0,02	0,91±0,12	1,5±0,21	1,82±0,17	1,92±0,08
Dynasty	Луковица	8,79±0,41	30,19±4,18	23,70±1,20	23,26±0,20	51,70±1,53
	Побег	4,95±0,40	22,66±0,45	10,34±0,51	16,59±0,31	17,59±0,19
	Цветок	0,26±0,03	4,99±0,64	2,97±0,06	3,58±0,33	4,12±0,18
Strong Gold	Луковица	8,79±0,06	16,37±1,08	25,48±1,37	19,38±0,49	30,96±0,92
	Побег	5,62±0,13	6,39±0,14	11,38±0,87	12,96±0,20	17,96±0,80
	Цветок	0,26±0,02	1,36±0,13	1,94±0,11	3,39±0,33	4,23±0,28
Oympiada-80	Луковица	11,15±0,91	13,87±0,22	24,38±2,22	22,66±0,45	35,54±0,040
	Побег	3,09±0,16	6,78±0,51	15,19±0,57	13,87±1,29	15,40±1,40
	Цветок	0,19±0,01	1,18±0,06	3,25±0,15	2,64±0,01	3,79±0,24
Anna Lisa	Луковица	11,37±0,12	16,59±0,31	23,70±1,20	31,24±1,24	47,76±0,28
	Побег	4,52±0,04	7,48±0,24	13,87±1,29	17,59±0,19	31,83±0,80
	Цветок	0,54±0,01	1,61±0,07	2,12±0,07	4,13±0,18	11,25±0,05
Perle Brilliante	Луковица	9,68±0,32	60,67±1,65	50,55±1,54	47,76±0,28	57,31±0,67
	Побег	3,81±0,39	41,67±1,05	33,42±0,70	22,97±0,45	32,84±1,40
	Цветок	0,34±0,02	22,34±0,86	12,15±0,91	12,96±0,20	13,65±0,22
Grand Maitre	Луковица	14,03±0,18	52,63±2,52	42,85±1,18	55,49±1,44	64,26±2,36
	Побег	5,83±0,43	16,24±0,01	14,69±0,23	19,95±0,14	22,66±0,45
	Цветок	0,86±0,01	5,48±0,13	3,25±0,07	4,13±0,18	6,47±0,10
Anna Lisa	Луковица	9,12±0,18	69,82±1,36	60,66±0,86	60,67±1,65	64,79±0,18
	Побег	3,09±0,16	57,31±0,67	39,38±0,49	31,66±0,42	48,13±0,18
	Цветок	0,29±0,04	30,96±0,92	26,38±1,12	22,97±0,96	24,06±0,23

Анализируя внешний вид растений и профиль БС мы обнаружили, что в культуре гиацинтов их больше чем в тюльпанах. Сорт "*Anna Lisa*" наряду с интенсивным развитием характеризовался высоким содержание практических всех групп БС, особенно группы эпибрассиностероидов. По внешним признакам близки к нему были растения тюльпанов сорта "*Dynasty*".

Заключение. Исследование эндогенного содержания БС в вегетативных и генеративных органах луковичных растений показало, что количество всех анализируемых групп стероидных гормонов в луковицах на порядок превышал их содержание в вегетативных побегах и цветках. В органах всех сортов тюльпанов и гиацинтов преобладали количественно брассиностероиды, органы которых были обработаны растворами в концентрации ЭБ10^{-7} и ГБ 10^{-9}. Тогда как в побегах мы наблюдали снижение содержания брассиностероидов всех исследуемых групп. Полученные результаты коррелируются с ранее полученными данными по морфометрическим параметрам.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Khripach, V. A.* Brassinosteroids. A new class of plant hormones / V. A. Khripach, V. N. Zhabinskii, A. de Groot. – San Diego: Academic Press, 1999. – 456 p.

2. Synthesis and study of novel of brassinosteroid derivatives / R.P. Litvinovskaya, M.E. Raiman, T.V. Kalenchuk, V.A. Khripach. / 2 International Symposium "Plantgrowth substances: intracellular hormonal signaling and applying in agriculture", Kyiv, 8-12 October 2007. / National Academy of sciences of Ukraine, Institute of Bioorg. Chem. and Petroleum Chem. – Kyiv, 2007. – P. 78.

3. *Khripach, V.A*. New practical aspects of brassinosteroids and results of their ten-year agricultural use in Russia and Belarus. //Khripach V.A., Zhabinskii V.N., Khripach N.B. – In: Brassinosteroids. Bioactivity and Crop Productivity, Hayat S., Ahmad A. (eds.) Eds. Dordrecht: Kluwer. – 2003. – P. 189- 230.

4. Синтез и иммунохимическое определение 28-гомобрассиностероидов / В. А. Хрипач [и др.] // Вести НАН. – 2008. – № 3. – С. 48-58.

5. *Khripach, V.A., V.N. Zhabinskii, N.B*. Khripach New practical aspects of brassinosteroids and results of their ten-year agricultural use in russia and belarus / Khripach, V.A., V.N. Zhabinskii, N.B. Khripach // Brassinosteroids /. 2003. – P. 189–230.

6. *Каленчук, Т. В*. Влияние эпибрассинолида и гомобрассинолида на культуру тюльпанов / Каленчук Т. В., Чернецкая А.Г., Бученков И.Э. // Вести БГПУ, серия 3 «Физика. Математика. Информатика. Биология. География» – №3 (77). – 2013. – С. 24–29.