

УДК 581.821

С. Э. Кароза

канд. биол. наук, доц. каф. зоологии и генетики
Брестского государственного университета имени А. С. Пушкина
e-mail: karoza01@yandex.by

**ВЛИЯНИЕ СТЕРОИДНЫХ ГЛИКОЗИДОВ НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ РОСТА
И УРОЖАЙНОСТЬ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ
(*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.)
В ЛАБОРАТОРНЫХ И ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ (БРЕСТСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Изучено действие стероидных гликозидов (мелонгозида, сомелонгозида, никотианозида и русти-козида) на рост, развитие и урожайность гречихи посевной в Брестском районе в 2017 г. Установлено, что в лабораторных условиях разные препараты оказывали положительное и отрицательное влияние на энергию прорастания, всхожесть, высоту растений и длину корней гречихи посевной. Оптимальное время обработки семян гречихи в растворах стероидных гликозидов с концентрацией 10^{-7} % составило 3 часа. В полевых условиях обработка семян раствором мелонгозида в концентрации 10^{-7} % повышала всхожесть, массу, высоту растений и их продуктивность. Никотианозид в той же концентрации проявил отрицательное влияние на эти показатели.

Введение

Доля крупяных культур вместе с зерновыми и зернобобовыми в структуре посевных площадей Республики Беларусь постепенно уменьшается (в 2010 г. 46,1 %, в 2017 г. – 41,6 %), что объясняется разными причинами [1]. Их урожайность, особенно гречихи посевной, является нестабильной и изменяется в зависимости от многих факторов, прежде всего от погодных условий. Так, в 2017 г. валовый сбор был значительно ниже, чем в 2014 и 2015 гг., хотя и несколько выше, чем в 2016 [2]. Поэтому производство гречихи является малорентабельным, и белорусские производители зачастую не могут конкурировать с зарубежными, прежде всего российскими, хотя и у них ситуация с уменьшением посевных площадей аналогичная. Таким образом, проблема повышения конкурентоспособности производства гречихи является весьма актуальной, и решить ее можно только благодаря повышению стабильности роста и развития растений. Этому противодействуют в первую очередь неблагоприятные погодные условия, а также вредители растений. Повышение урожайности возможно благодаря созданию более благоприятных условий развития этой культуры за счет улучшения питания растений с помощью удобрений и защиты от вредителей с помощью пестицидов, но передозировка удобрений делает продукцию малоприспособленной для питания, а применение инсектицидов является опасным для других насекомых, прежде всего для перепончатокрылых, являющихся опылителями гречихи. Поэтому сейчас особенно активно развивается направление, основанное на стимуляции роста, развития и иммунитета растений, в том числе и сельскохозяйственных культур, с помощью биологически активных веществ, которые используются в очень малых дозах и поэтому не наносят ущерба окружающей среде. К таким веществам, влияющим на физиологические и биохимические процессы растений, относятся стероидные гликозиды. Стимулирующий и иммунизирующий эффект этих соединений интенсивно исследуется с 1980-х гг. [3].

Стероидные гликозиды – это низкомолекулярные соединения, которые продуцируются многими высшими растениями и в максимальном количестве накапливаются в корнях, клубнях и семенах. Из культурных растений для полупромышленного производства таких препаратов используют семена томатов, перцев и других культур. Поскольку они являются отходами пищевой промышленности, это снимает проблему сырья и делает их производство экономически выгодным [4]. Физиологическое дей-

ствие этих соединений на живые организмы очень разнообразно. Выяснено, что они обладают гормоноподобной, антибактериальной, фунгицидной и рострегулирующей активностью [5]. В сравнительно высоких концентрациях они оказывают фунгицидное действие, но это свойство выражено у них слабее, чем у синтетических фунгицидов, поэтому применение их в этом качестве нецелесообразно [6]. Они могут применяться для защиты растений от патогенов, повышают всхожесть, скорость прорастания растений и их устойчивость к биотическим и абиотическим стрессам [7]. Стероидные гликозиды выделяются из растительного сырья в лабораторных условиях как в виде индивидуальных соединений, так и в виде трудноразделимых смесей нескольких веществ, но они обладают достаточно высокой биологической активностью. Она изучалась на различных культурах, для некоторых препаратов получены патенты на применение для повышения устойчивости и урожайности растений, установлена гормоноподобная активность некоторых гликозидов [8]. Но включение стероидных гликозидов в технологию культивирования определенных культур и сортов в конкретных почвенно-климатических зонах требует проведения отдельных исследований.

Целью работы являлось определение в лабораторных и полевых условиях наиболее перспективных для повышения продуктивности гречихи посевной стероидных гликозидов путем оценки их рострегулирующей активности и влияния на урожайность и качество полученного посевного материала.

Материалы и методы исследования

Объектом для проведения исследования являлась гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench.) сорта «Александрина». Этот тетраплоидный сорт индетерминантного типа, районированный для всех шести областей Республики Беларусь, был включен в реестр сортов в 2006 г. (регистрационный номер 2003061, заявитель – РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию») [9]. Для него характерны хорошая дружность созревания плодов, высокая масса 1 000 плодов и их выровненность. Период вегетации составляет 90–95 дней. Высота растений в среднем 100–105 см. Зерно крупное, масса 1 000 плодов 37–44 г. Технологические качества высокие: выход крупы – 74 %, выход крупной фракции до – 99 %. Содержание белка в зерне – 14,1 %. Для сорта характерна большая стабильность урожайности благодаря снижению размаха ее изменчивости в зависимости от условий.

Предметом исследования являлось влияние стероидных гликозидов на рост, развитие и продуктивность гречихи посевной. Для этой цели использовали четыре фураностаноловых препарата: мелонгозид, сомелонгозид, никотианозид, рустикозид. Эти соединения были выделены сотрудниками лаборатории скрининга биологически активных веществ и экзогенной регуляции генома Института экологической генетики АН Молдовы из различных культурных растений. Сомелонгозид представляет собой сумму четырех стероидных гликозидов ряда фуростана и в сухом виде является порошком светло-коричневого цвета. Он негигроскопичен, нелетуч, легко растворяется в воде, этиловом и метиловом спиртах, но нерастворим в ацетоне, хлороформе и диэтиловом эфире. Мелонгозид – гликозид, выделенный из семян баклажан. Он содержит трудно-разделимую смесь гликозидов с одинаковым олигосахаридным фрагментом (два остатка D-глюкозы), но разными агликонами (тигогенин и диосгенин). Никотианозид и рустикозид также относятся к гликозидам ряда фуростана, выделенным из надземной части табака и махорки соответственно [4].

Препараты представляли собой кристаллические порошки белого или желтоватого цвета. Содержание основного вещества в них составляло не менее 95 %, что подтверждалось методами количественного анализа – фотометрическим и тонкослойной хроматографией. Из них готовили спиртовые маточные растворы в концентрации 10^{-2} %,

а затем путем поэтапного разбавления дистиллированной водой – растворы необходимых концентраций.

Методика проведения лабораторного эксперимента включала в себя определение показателей (энергия прорастания, всхожесть, высота проростков и длина корешков), характеризующих рост и развитие гречихи посевной. Проращивание семян производилось в рулонах фильтровальной бумаги в термостате согласно СТБ 1073–97 [10]. Предварительно для определения действующих доз производили их замачивание на 3 часа в растворах испытываемых соединений, т. к. это время было определено как оптимальное в ранее проведенных нами исследованиях на зерновых культурах [11; 12]. Кроме того, на такое же время производилась обработка в аналогичном эксперименте с использованием брассиностероидов [13]. В лабораторном эксперименте использовали 4 концентрации с разницей на порядок: 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} и 10^{-8} %.

Полевой эксперимент проводили на опытном поле агробиологического Центра БрГУ имени А. С. Пушкина в вегетационный период 2017 г. Почва участка была легкая, дерново-подзолистая, pH = 7,1, содержание гумуса – 3,61 %, азота – $0,531 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$, фосфора – $0,067 \text{ г} \cdot \text{кг}^{-1}$. При весенней обработке вносили расчетную дозу удобрений. Посев был после достижения благоприятных температурных условий. Семена гречихи перед посевом замачивались в растворах исследуемых веществ в концентрации 10^{-7} % на 3 часа. В схему опыта были включены 20 участков с пятью вариантами (мелонгозид, сомелонгозид, никотианозид, рустикозид и контроль), распределенные рандомизировано [14]. Норма высева составляла 250 семян на 1 деланку площадью 1 м^2 , что соответствует норме высева при рядовом посеве для тетраплоидных сортов [15].

В процессе исследования оценивали влияние БС на полевую всхожесть, высоту проростка, длину корешка и массу растений. Для определения морфометрических показателей использовали 80 растений одного варианта – по 20 с каждой повторности. Позже определяли урожайность. Определение массы тысячи семян проводили по стандартной методике (СТБ 1123–98) [10].

Статистическая обработка результатов лабораторного и полевого экспериментов осуществлялась по стандартной методике с помощью составленных нами шаблонов таблиц Excel с определением степени достоверности по критерию Стьюдента [16].

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенные исследования по определению оптимальных концентраций стероидных гликозидов при предварительной обработке семян методом замачивания в их растворах на 3 часа показали неоднозначные результаты, сильно зависящие от концентрации (таблица). По отношению к энергии прорастания положительной активностью обладали сомелонгозид в концентрации 10^{-5} %, рустикозид в концентрации 10^{-6} % и мелонгозид в концентрации 10^{-8} %. При использовании остальных концентраций или не наблюдалось достоверных отличий от контроля, или же проявлялось подавляющее действие на этот показатель, особенно сильно выраженное у мелонгозида в концентрации 10^{-6} %. Положительное влияние на всхожесть семян гречихи оказал мелонгозид в концентрациях 10^{-5} , 10^{-7} и 10^{-8} %, рустикозид и сомелонгозид – 10^{-5} %. Подавляющее действие оказал сомелонгозид в концентрациях 10^{-6} и 10^{-8} %. Максимальное положительное действие на длину корешка было выражено у рустикозида и мелонгозида в концентрации 10^{-6} %. В то же время рустикозид и мелонгозид оказали сильное подавляющее действие в концентрации 10^{-5} %. На высоту проростка положительное влияние оказали сомелонгозид во всех используемых концентрациях и никотианозид во всех, за исключением 10^{-6} %. Подавляющее действие оказали мелонгозид и особенно рустикозид.

На основе анализа всех полученных данных и с учетом ранее осуществленных полевых исследований для проведения полевого эксперимента была отобрана одинаковая для всех соединений концентрация – 10^{-7} %, что дает возможность сравнения действия стероидных гликозидов как друг с другом, так и с брассиностероидами.

Таблица. – Влияние стероидных гликозидов на морфометрические показатели начальных этапов роста и развития гречихи посевной сорта Александрина

Концен- трация, %	Энергия прорастания	Всхожесть	Длина корешка		Высота проростка	
	%		%	мм	% к конт- ролю	мм
Мелонгозид						
Контроль	40,0 ± 0,8	55,0 ± 1,3	56,0 ± 1,8	100,0	107,7 ± 4,4	100,0
10 ⁻⁵	33,0 ± 1,29	60,5 ± 2,22*	44,4 ± 2,06	79,3	105,6 ± 5,28	98,0
10 ⁻⁶	32,0 ± 1,41	53,5 ± 1,7	66,5 ± 2,08***	118,8	100,4 ± 4,39	93,2
10 ⁻⁷	37,0 ± 1,29*	56,0 ± 1,63	55,9 ± 1,58	99,8	100,9 ± 3,87	93,7
10 ⁻⁸	40,5 ± 1,5	58,5 ± 1,26*	49,0 ± 2,06**	87,5	106,8 ± 5,29	99,2
Сомелонгозид						
Контроль	39,0 ± 1,9	60,0 ± 1,8	60,4 ± 2,4	100,0	103,3 ± 3,8	100,0
10 ⁻⁵	41,0 ± 1,0	62,0 ± 1,63	59,4 ± 2,23	98,3	114,3 ± 2,05**	110,6
10 ⁻⁶	32,5 ± 2,63	54,0 ± 2,16*	61,0 ± 2,38	101,0	108,4 ± 2,12	105,0
10 ⁻⁷	35,5 ± 1,7	56,5 ± 1,5	61,0 ± 1,48	101,0	121,2 ± 4,51**	117,3
10 ⁻⁸	34,5 ± 2,5	55,0 ± 2,65	69,2 ± 1,39***	114,6	114,4 ± 4,27*	110,7
Никотианозид						
Контроль	40,5 ± 1,5	62,5 ± 1,7	60,0 ± 1,8	100,0	114,6 ± 4,6	100,0
10 ⁻⁵	36,3 ± 1,65*	62,0 ± 0,62	74,8 ± 6,5**	124,7	124,9 ± 9,52*	109,0
10 ⁻⁶	40,3 ± 0,31	62,0 ± 0,75	70,8 ± 4,84**	118,0	104,7 ± 7,05*	91,37
10 ⁻⁷	34,8 ± 0,48*	58,0 ± 0,55*	50,0 ± 5,29**	83,17	122,7 ± 8,62*	107,13
10 ⁻⁸	38,8 ± 0,18	58,5 ± 0,18*	56,7 ± 4,57	94,5	122,9 ± 7,55*	107,24
Рустикозид						
Контроль	41,0 ± 1,29	61,5 ± 2,0	72,4 ± 2,8	100,0	112,0 ± 2,9	100,0
10 ⁻⁵	38,0 ± 0,82	64,5 ± 0,96	43,0 ± 1,71***	59,4	101,0 ± 4,36*	90,0
10 ⁻⁶	42,0 ± 1,41	63,0 ± 1,29	63,0 ± 1,69***	146,5	102,6 ± 3,64*	91,6
10 ⁻⁷	37,5 ± 1,71*	60,0±1,83	47,4 ± 1,69	65,5	101,3 ± 3,94*	90,4
10 ⁻⁸	40,0 ± 2,18	60,5 ± 2,22	63,0 ± 2,04**	87,0	113,3 ± 4,44	101,2

Примечание – * – достоверно при $P \leq 0,05$; ** – при $P \leq 0,01$; *** – при $P \leq 0,001$.

В полевом эксперименте результаты воздействия стероидных гликозидов на разные показатели также заметно отличались друг от друга. Во-первых, было отмечено более раннее (на 1 день) появление всходов на участках с обработкой мелонгозидом по сравнению с контролем, а обработка никотианозидом, наоборот, несколько замедлила прорастание гречихи. Анализ влияния исследуемых препаратов на полевую всхожесть гречихи показал, что она составила от 81,8 до 87,5 %, что в целом является хорошим показателем для гречихи. Максимальную положительную активность проявил мелонгозид, никотианозид незначительно ухудшил этот показатель, остальные препараты оказали очень слабое положительное влияние (рисунок 1). Из-за небольшой повторности

мелкоделяночного опыта разница между всеми результатами по критерию Стьюдента является недостоверной, поэтому можно говорить лишь о тенденции к повышению полевой всхожести для двух препаратов.

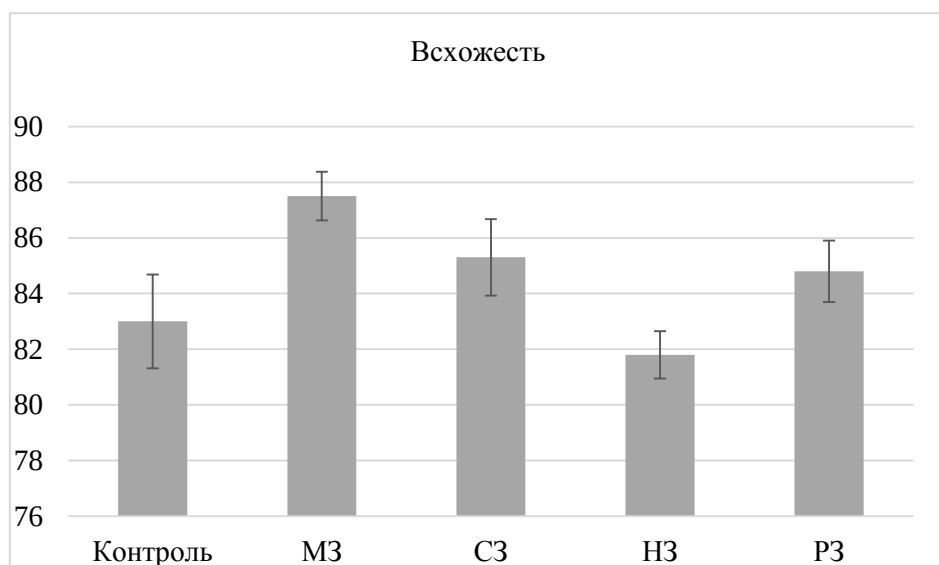


Рисунок 1. – Влияние стероидных гликозидов на полевую всхожесть, %

Статистический анализ данных по оценке влияния стероидных соединений на начальные этапы роста и развития гречихи показал, что в концентрации 10^{-7} % наибольшее ростстимулирующее действие из стероидных гликозидов проявил мелонгозид, который достоверно повышал по сравнению с контролем высоту растений и длину корешков (105,2 и 110,9 % соответственно). Результаты представлены на рисунках 2 и 3.

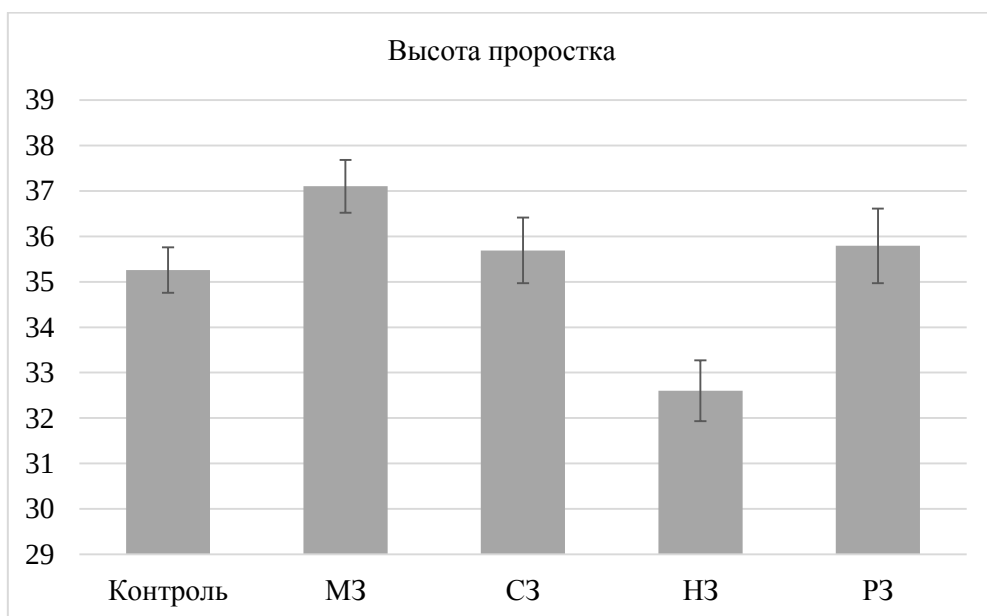


Рисунок 2. – Влияние стероидных гликозидов на высоту растений, см

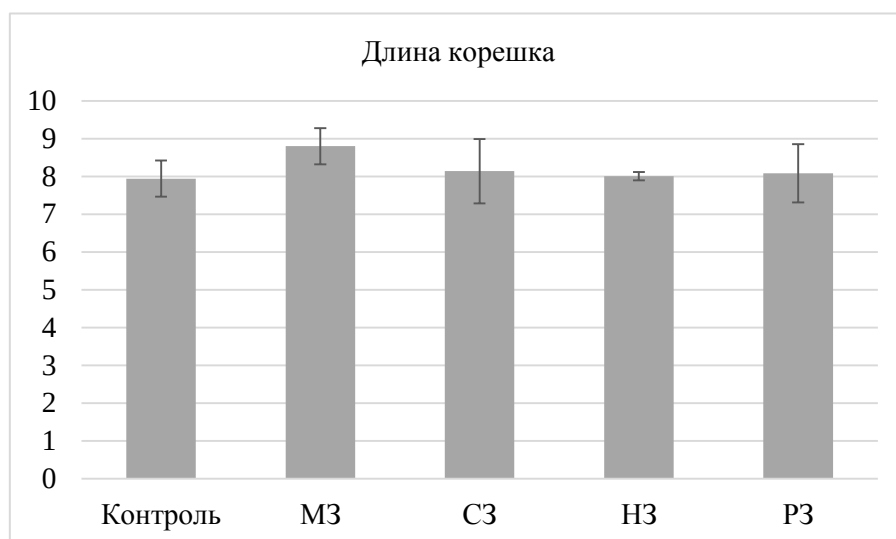


Рисунок 3. – Влияние стероидных гликозидов на длину корней, см

Более значительно с максимальной степенью достоверности он повлиял на среднюю массу растений (вместе с корневой системой), которая составила 130,8 % по сравнению с контролем (рисунок 4). Остальные стероидные гликозиды в данной концентрации не дали выраженного стимулирующего эффекта, а никотианозид оказал даже достоверное ингибирующее влияние как на высоту растений (92,5 % к контролю), так и на их массу (84,0 %), но практически не повлиял на длину корешков (101,7 %).

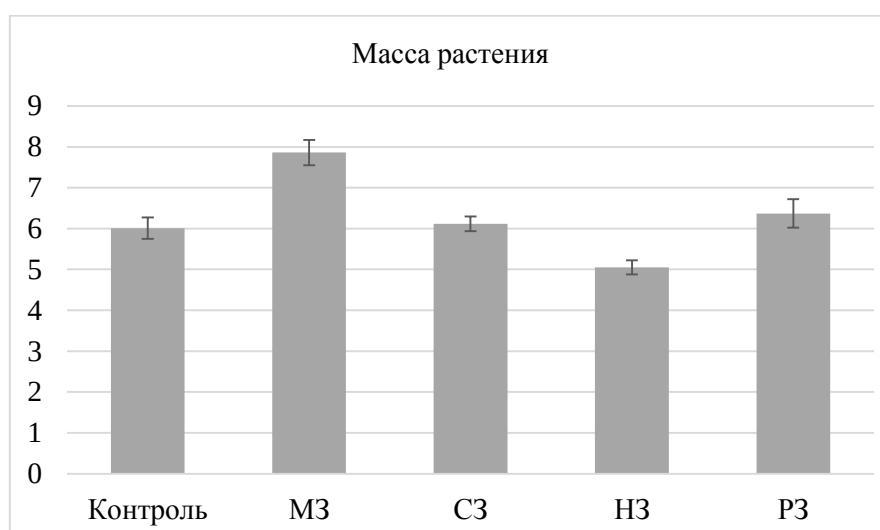


Рисунок 4. – Влияние стероидных гликозидов на массу растений, г

Анализ массы плодов растений с экспериментальных участков показал, что урожайность в целом была выше, чем в среднем по Беларуси, где, по данным ЦСУ, она не превышает 11,6 ц/га, но ниже, чем максимальная для данного сорта за годы испытания (32,7 ц/га). Статистический анализ данных показал, что в концентрации 10^{-7} % наибольшее стимулирующее действие на этот показатель из стероидных гликозидов проявил мелонгозид, который достоверно повышал урожайность на 27,6 % по сравнению с контролем (рисунок 5). Для варианта с обработкой сомелонгозидом было характерно увеличение урожайности на 10,9 %, а с никотианозидом, наоборот – понижение на 8,5 %, но разница в результатах недостоверна в связи с разбросом данных по повторностям.

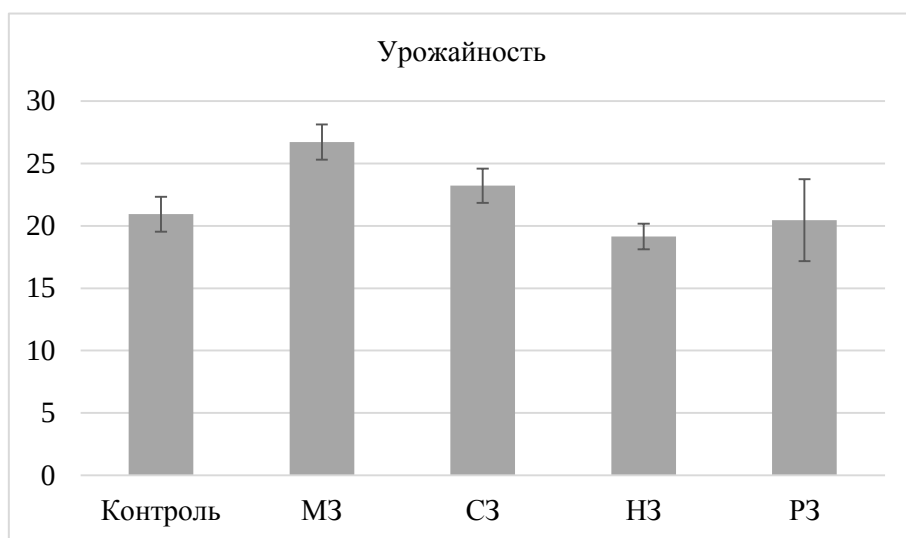


Рисунок 5. – Влияние стероидных гликозидов на урожайность, ц/га

Масса 1 000 плодов колебалась вокруг 35 г, что является вполне удовлетворительным. Мелонгозид, как и следовало ожидать из значения урожайности, достоверно повышал этот показатель на 4,9 %, а никотианозид также достоверно уменьшал на 4,4 %, несмотря на отсутствие достоверной разницы в урожайности в этом варианте (рисунок 6).

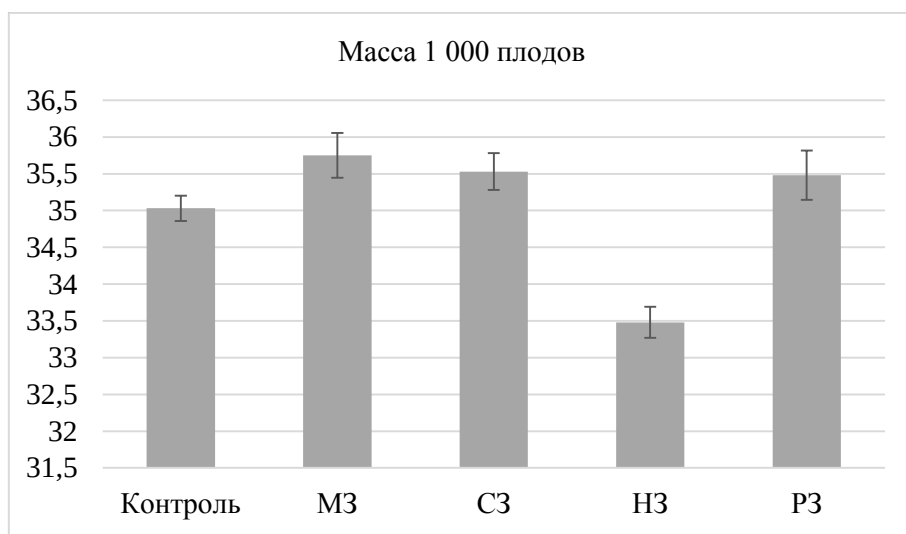


Рисунок 6. – Влияние стероидных гликозидов на массу 1 000 плодов, г

Заключение

По комплексу морфометрических показателей для обработки семян гречихи посевной сорта «Александрина» методом замачивания в растворах стероидных гликозидов в лабораторных условиях оптимальной являлась концентрация 10^{-7} %.

В лабораторном эксперименте не был выявлен один наиболее перспективный стероидный гликозид, так как разные препараты оказывали определенное положительное влияние на различные показатели, характеризующие процессы роста и развития гречихи посевной.

В полевых условиях обработка мелонгозидом в концентрации 10^{-7} % оказала положительное влияние на процессы роста, развития и продуктивность гречихи посевной, а никотианозид в той же концентрации оказал противоположное влияние на эти показатели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Структура посевов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/graficheskii-material-grafiki-diagrammy-_3/struktura-posevov/. – Дата доступа: 10.02.2018.
2. Валовой сбор и урожайность зерновых и зернобобовых культур [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/graficheskii-material-grafiki-diagrammy-_3/valovoi-sbor-i-urozhainost-zernovyh-i-zernobobovyh-kultur/. – Дата доступа: 10.02.2018.
3. Физер, Л. Стероиды / Л. Физер, М. Физер. – М. : Мир, 1986. – 184 с.
4. Кинтя, П. К. Строение и биологическая активность стероидных гликозидов ряда спиростана и фуростана / П. К. Кинтя, Г. В. Лазурьевский. – Кишинев : Штиинца, 1987. – 144 с.
5. Степура, И. С. Анализ ауксино- и цитокининоподобной активности некоторых стероидных гликозидов и брассиностероидов / И. С. Степура // Природа, человек и экология : сб. материалов регион. студенч. науч.-практ. конф., Брест, 26 апр. 2012 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Л. Н. Усачева (гл. ред.) [и др.]. – Брест : БрГУ, 2012. – С. 64–65.
6. Кароза, С. Э. Регуляторные особенности действия стероидных гликозидов на устойчивость ячменя к грибной инфекции : автореф. дис. ... канд. биол. наук / С. Э. Кароза. – Минск, 1993. – 20 с.
7. Ковганко, Н. В. Стероиды: экологические функции / Н. В. Ковганко, А. А. Ахрем. – Минск : Навука і тэхніка, 1990. – 224 с.
8. Шуканов, В. П. Гормональная активность стероидных гликозидов растений / В. П. Шуканов, А. П. Волянец, С. Н. Полянская. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 244 с.
9. Государственный реестр сортов Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sorttest.by/gosudarstvennyy-reyestr-sortov-2018>. – Дата доступа: 29.05.2018.
10. Семена зерновых культур. Сортовые и посевные качества. Технические условия : СТБ 1073–97. – Введ. 01.10.97. – Минск, 1986. – 18 с.
11. Воробьева, О. С. Анализ влияния стероидных гликозидов и брассиностероидов на всхожесть, рост и урожайность ячменя и пшеницы / О. С. Воробьева, Ю. С. Себрукович // XV Респ. науч.-метод. конф. молодых ученых, Брест, 17 мая 2013 г. : сб. материалов : в 2 ч. / М-во образования Респ. Беларусь, Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. В. В. Здановича. – Брест : БрГУ, 2013. – С. 3–4.
12. Кароза, С. Э. Рострегулирующая активность стероидных гликозидов и брассиностероидов в лабораторном и полевом эксперименте / С. Э. Кароза // Проблемы оценки, мониторинга и сохранения биоразнообразия : материалы Респ. науч.-практ. экол. конф., Брест, 23 нояб. 2017 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; редкол.: Н. В. Шкуратова [и др.]. – Брест, 2017. – С. 216–220.
13. Кароза, С. Э. Влияние брассиностероидов на морфометрические показатели гречихи посевной (*Fagopyrum esculentum* Moench.) в лабораторных и полевых условиях (Брестская область) / С. Э. Кароза // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 5, Хімія. Біялогія. Навукі аб зямлі. – 2018. – № 2. – С. 37–43.

14. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1965. – 423 с.
15. Рекомендации по возделыванию гречихи на зерно в 2017 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mshp.gov.by/information/materials/zem/agriculture/a2a79-b4c2e716d60.html>. – Дата доступа: 10.03.2018.
16. Рокицкий, П. Ф. Биологическая статистика / П. Ф. Рокицкий. – Минск : Ураджай, 1973. – 320 с.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 27.06.2019

Karoza S. E. Effect of Brassinosteroids on the Morphometric Parameters of Buckwheat (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* Moench.) in the Laboratory and Field Conditions (Brest Oblast)

The effect of steroid glycosides (melongoside, somelongoside, nicotyanoside and rusticoside) on the growth, development, and productivity of buckwheat in the Brest region in 2017 is determined. In laboratory conditions, various substances had a positive and negative effect on germination energy, germination, plant height and buckwheat root length sowing. The optimal treatment time for buckwheat seeds in solutions of brassinosteroids with a concentration of 10^{-7} % was 3 hours. In the field, the treatment of seeds with a solution of melongoside in a concentration of 10^{-7} % increased germination, mass, height of plants and their productivity. Nicotyanoside at the same concentration showed a negative effect on these indicators.