

ШИШ С.Н.^{1✉}, ШУТОВА А.Г.¹, МАЗЕЦ Ж.Э.²¹ ГНУ «Центральный ботанический сад НАН Беларуси»,
Беларусь, 220012, г. Минск, ул. Сурганова, 2в, e-mail: svetlana.shysh@gmail.com² Белорусский государственный педагогический университет имени М. Танка,
Беларусь, 220050, г. Минск, ул. Советская, 18

✉ svetlana.shysh@gmail.com, (017) 284 14 64

ВЛИЯНИЕ 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И ГОРМОНАЛЬНЫЙ БАЛАНС ЮВЕНИЛЬНЫХ РАСТЕНИЙ *CALENDULA OFFICINALIS* L.

Изучение вопросов роста и развития растений имеет важное как теоретическое, так и прикладное значение, причем особую актуальность имеют работы по изучению экологически безопасных способов регулирования роста и продуктивности лекарственных и сельскохозяйственных растений. По мнению Аверинной Н. Г., современные экологически чистые регуляторы роста растений должны создаваться на основе естественных метаболитов растений, к которым относится экзогенная 5-аминолевулиновая кислота (АЛК). АЛК является предшественником всех циклических и линейных тетрапирролов, играющих важную роль в метаболизме растительных организмов, и обладает доказанной росторегуляторной активностью [1–2]. АЛК оказывает стимулирующее влияние на рост, развитие и урожайность ряда растений в низких концентрациях [2–5]. Из литературных источников известно, что АЛК, накапливаясь в растениях, вызывает повышение уровня цитокининов [2], что в высоких дозах приводит к угнетению ростовых процессов. Поэтому актуальным представляется оптимизация применяемых доз физиологически активных соединений, которые будут приводить к увеличению роста и продуктивности без негативного влияния на основные физиологические системы растений. Поэтому целью наших исследований стало изучение влияния микро- и наноконцентраций АЛК на ростовые процессы и гормональный баланс ювенильных растений календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.).

Материалы и методы

Объектом исследования является лекарственное растение *Calendula officinalis* L. «Махровый 2000» белорусской селекции. Эксперимент проводился на проростках. Для обработки семян использовалась АЛК в четырех концентрациях (%): 1) 10^{-6} (АЛК 1); 2) 10^{-7} (АЛК 2); 3) 10^{-9}

(АЛК 3); 4) 10^{-11} (АЛК 4). Обработку проводили методом замачивания. Для этого в растворы АЛК на 3 часа опускались семена, затем их многократно промывали дистиллированной водой и помещали в растильни с увлажненной фильтровальной бумагой. Проращивали 3 дня при температуре 20–21 °С в темноте, а затем помещали на интенсивное освещение. Оценку всхожести и морфометрических параметров (длина и масса корней и проростков) проводили на 7 и 14 сутки эксперимента. Количественную оценку свободных фитогормонов: индолил-3-уксусной кислоты (ИУК), абсцизовой кислоты (АБК) и зеатинрибозиды (ЗР) определяли в надземной части 7 и 14-суточных проростков методом иммуноферментного анализа (ИФА) с использованием специфичных к ЗР, ИУК и АБК кроличьих сывороток и антикроличьих антител, меченых пероксидазой [6, 7]. Полученные результаты обработаны с помощью статистического пакета программ М. Excel и Stadia 8.0. Повторность опыта четырехкратная.

Результаты и обсуждение

Семена календулы в целом отличаются хорошей всхожестью. Однако на изучаемом сорте она колеблется в контроле от 60 до 80 %. В данном эксперименте всхожесть контрольных растений составила 74 %. У опытных растений отмечено увеличение всхожести от 2 до 13 %, лучший результат у обработок АЛК 1 (13 %) и АЛК 3 (10 %). Установлено, что АЛК в изучаемых концентрациях проявляет стимулирующее влияние на ростовые процессы даже в микро- и наноконцентрациях. Увеличение длины и массы корня отмечено на 7 день в концентрациях АЛК 1, АЛК 2 и АЛК 4. Длина и масса проростков в этот период изменялась незначительно относительно контроля (рис. А, Б).

Однако следует отметить, что к 7 дню концентрация АЛК 3 приводила к некоторому

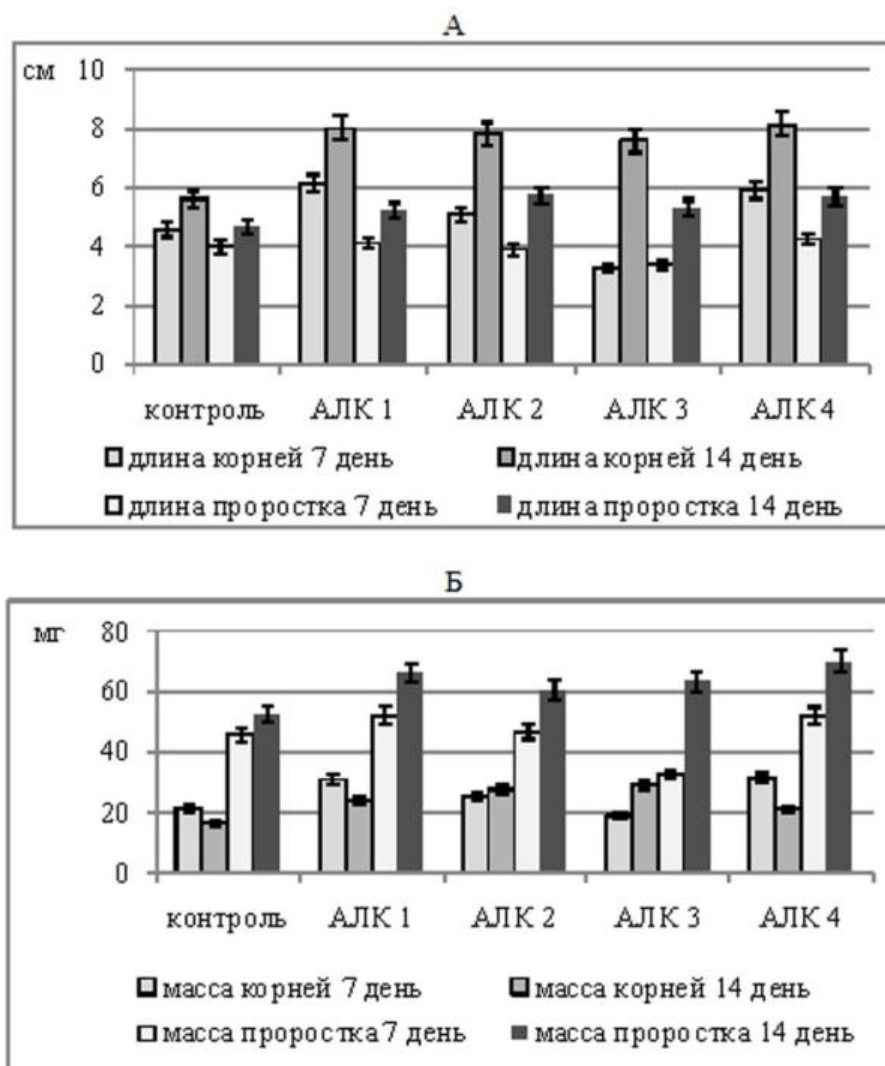


Рис. Морфометрические параметры ювенильных растений календулы.

снижению исследованных параметров (рис. А). К 14 дню эксперимента все концентрации оказывали стимулирующее влияние на ростовые процессы растений. Выявлено, что сухой вес проростков во всех вариантах выше контроля, кроме АЛК 3 на 7 день, в то время как на 14 день отмечен обратный эффект при стабильном увеличении длины и сырого веса, масса сухих проростков достоверно выше только в концентрации АЛК 3. Данные особенности могут быть обусловлены сдвигами в гормональном статусе проростков и повышении их оводненности. Поэтому следующим этапом исследования стало определение уровня и соотношения основных фитогормонов.

Наибольший интерес с точки зрения влияния АЛК на уровень фитогормонов представляло изменение уровня цитокининов, в нашем случае ЗР, так как известно, что АЛК явля-

ется предшественником данных гормонов [2]. Однако отмечено, что обработка АЛК в микро- и наноконцентрациях изменяет уровень ЗР незначительно: до 6 % на 7 день и от 1 до 47 % на 14 день (табл.). Показано, что обработка АЛК приводит к изменению гормонального баланса ювенильных растений календулы, особенно это касается соотношения ИУК/ЗР. Так на 7 день данный показатель выше для обработанных растений в сравнении с контрольными, что связано с доминированием ростовых процессов корня в этот период. К 14 дню количество ИУК уменьшается в опытных растениях, возрастает доля ЗР, что сопровождается стимулированием ростовых процессов проростков (табл.). Максимальное значение соотношения ИУК/ЗР на 7 день наблюдается при обработке АЛК 4, для этой же концентрации выявлена тесная корреляционная связь между длиной корня и концен-

трацией ИУК. По данному параметру отмечена положительная корреляционная зависимость и у растений контроля. Для АЛК 2 на 7 день положительная корреляция выявлена между массой корней и проростков и уровнем ИУК.

На 7 день эксперимента у растений, обработанных АЛК 3, наблюдалось повы-

шение содержания АБК и смещение соотношения ЗР/АБК в сторону АБК (табл.). Это объясняет отставание в росте при данном варианте обработки на 7 день и резкое возращание уровня ЗР на 14 день, что положительно сказывается на росте проростков.

Таблица. Динамика соотношения основных фитогормонов в ювенильных проростках календулы

Варианты опыта	ИУК:АБК		ИУК:З-Р		З-Р:АБК	
	7 день	14 день	7 день	14 день	7 день	14 день
Контроль	1,06	1,09	0,012	0,019	86,9	56,2
АЛК 1	0,89	0,86	0,019	0,013	46,7	66,5
АЛК 2	0,9	1,02	0,017	0,016	53,2	64
АЛК 3	1,002	1,57	0,015	0,014	65,8	112,7
АЛК 4	1,41	0,96	0,02	0,012	72,1	78,3

Выводы

Таким образом, АЛК во всех исследованных концентрациях оказывает стимулирующий эффект на ростовые процессы ювенильных растений календулы. Отмечен сдвиг соотношения проросток/корень в сторону формирования корней по длине и в сторону проростков по массе. Выявлено что воздействие микро- и наноконцентраций АЛК на гормональный баланс проростков оказывает легкий стимулирующий эффект,

главным образом изменяя соотношение ИУК/ЗР, что выражается в повышении синтеза ИУК в начале роста (7 день), а затем увеличении содержания ЗР (14 день).

Авторы выражают благодарность сотрудникам УНЦ РАН Института биохимии и генетики д. б. н. Шаковой Ф. М. и к. б. н. Авалбаеву А. М. за методическую помощь в проведении иммуноферментного анализа.

Литература

1. Яронская Е.Б., Аверина Н.Г., Кисель М.А. Экологически безопасные регуляторы роста растений на основе 5-аминолевулиновой кислоты // Тр. БГУ. – 2012. – Т. 7. – С. 127–134.
2. Аверина Н.Г., Яронская Е.Б. Биосинтез тетрапирролов в растениях. – Мн.: Белорусская наука, 2012. – 414 с.
3. Шиш С.Н., Шутова А.Г., Мазец Ж.Э. Особенности влияния эпина и 5-аминолевулиновой кислоты на ростовые процессы *Calendula officinalis* L. // Труды БГУ. – 2013. – Т. 8, Ч. 2. – С. 125–129.
4. Аверина Н.Г. Роль 5-аминолевулиновой кислоты в жизнедеятельности растений // Сборник статей международной научной конференции «Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем», 28–30 июня 2016 г. – Мн.: Изд. Центр БГУ. – 2016. – Ч. 2. – С. 21–24.
5. Прищепчик Ю.В., Аверина Н.Г. Влияние биопряминга семян льна 5-аминолевулиновой кислотой на энергию прорастания и всхожесть // Сборник статей международной научной конференции «Молекулярные, мембранные и клеточные основы функционирования биосистем», 28–30 июня 2016 г. – Мн.: Изд. Центр БГУ. – 2016. – Ч. 2. – С. 76–79.
6. Shakirova F.M., Sakhabutdinova A.R., Bezrukova M.V., Fatkhutdinova R.A., Fatkhutdinova D.R. Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity // Plant Sci. – 2003. – V. 164, N. 3. – P. 317-322.
7. Кудоярова Г.Р., Веселов С.Ю., Каравайко Н.Н. и др. Иммуноферментная тест-система для определения цитокининов // Физиол. раст. – 1990. – Т. 37, вып. 1. – С. 193–199.

SHYSH S.N.¹, SHUTAVA H.G.¹, MAZETS Z.E.²

¹ Central Botanical Gardens, NAS of Belarus,

Belarus, 220012, Minsk, Surganova str., 2v, e-mail: svetlana.shysh@gmail.com

² Belarusian State Pedagogical University named M. Tank,

Belarus, 220050, Minsk, Sovetskaya str., 18, e-mail: zhannamazets@mail.ru

EFFECT OF 5-AMINOLEVULINIC ACID ON THE GROWTH PROCESSES AND HORMONAL BALANCE OF *CALENDULA OFFICINALIS* L. JUVENILE PLANTS

Aim. To study the influence of micro- and nanoconcrete of 5-aminolevulinic acid (ALA) on the growth processes and hormonal balance juvenile plants of *Calendula officinalis* L. **Methods.** Object of study *C. officinalis* variety 'Machroviy 2000'. The experiment has been carried out on 7th and 14th day seedlings. For seed treatment by ALK has been used four concentrations (%): 1) 10⁻⁶ (ALA 1); 2) 10⁻⁷ (ALA 2); 3) 10⁻⁹ (ALA 3); 4) 10⁻¹¹ (ALA 4). The treatment has been performed by seed soaking method. Quantification of free phytohormones: indole-3-acetic acid (IAA), abscisic acid (ABA) and zeatinriboside (ZR) were determined in the aboveground parts 7th and 14th day seedlings using an enzyme immunoassay method (EIA). **Results.** The treatment by ALA increased the rate of germination and stimulated growth processes. The best results have been seen in the case of ALA 1 and ALA 4, led to a shift in the balance of phytohormones, especially IAA and ZR. **Conclusions.** The treatment by ALA changed the ratio IAA/ZR. It resulted in an increase of IAA synthesis at the beginning of growth (at 7th day), and then ZR (on 14th day). It stimulated the growth of roots in length on 7th day and the increase of the seedlings weight on 14th day.

Keywords: 5-aminolevulinic acid, growth processes, hormonal balance, indolyl-3-acetic acid, abscisic acid, zeatinriboside, *Calendula officinalis* L.