

- гическую среду / Д. А. Кривоуцкий, Ф. А. Тихомиров, Е. А. Фёдоров ; отв. ред. Д. А. Кривоуцкий. – М., 1987. – С. 18–26.
2. Ковылина, О. П. Оценка жизненного состояния сосны обыкновенной в зоне техногенного загрязнения / О. П. Ковылина, И. А. Зарубина, А. Н. Ковылин // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – Т. XXV, № 3–4. – С. 284–289.
3. Батракова, Г. М. Экологический мониторинг : учеб.-метод. пособие / Г. М. Батракова, Я. И. Вайсман, Л. В. Рудкова. – Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 218 с.
4. Экологический мониторинг : учеб.-метод. пособие / под ред. Т. Я. Ашихминой. – М. : Акад. проект, 2006. – 416 с.

УДК 633.13:581.14

А. А. СЕМЕНЮК

Брест, БрГУ имени А. С. Пушкина

ВЛИЯНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ЙОДА, БРАССИНОСТЕРОИДОВ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЭКСПОЗИЦИИ В ИХ РАСТВОРАХ НА ДЛИНУ ПРОРОСТКОВ СЕМЯН ОВСА ЯРОВОГО СОРТА ЛИДИЯ

Йодная недостаточность – это крайне актуальная проблема для Республики Беларусь, что подтверждается наблюдаемым геофизическим дефицитом данного элемента в почве и водах. Так, содержание йода в воде незначительно – от 1,9 мкг/дм³ на юге страны до 3,2 мкг/дм³ на севере, а в почвах колеблется от 0,64 до 9,23 мкг/дм³ в зависимости от их типа. По результатам исследования Министерства здравоохранения и Европейского регионального бюро ВОЗ было выявлено, что Республика Беларусь является страной с легкой и средней степенью йодной недостаточности. В связи с этим особый интерес вызывает обогащение приоритетных пищевых продуктов йодом. К числу таковых ВОЗ отнесла и продукты питания, содержащие злаки. Таким образом, приоритетным направлением является разработка современных методов биофортификации злаковых культур йодом [1].

Известно, что содержание йода, как и других галогенов, определяется количеством органического вещества в почвах [2]: входящие в их состав ароматические, гетероциклические и алифатические соединения обеспечивают прочное связывание йода. Это приводит к увеличению его доступных форм [2]. Сегодня применяется ряд удобрений, включающих одновременно гуминовые кислоты и йод. В то же время интересным является изучение

взаимодействия brassinosterоидов (БС), относящихся к классу полифункциональных экологически безопасных стимуляторов роста растений, с йодом [3]. Поскольку их строение соответствует описанному ранее, они, возможно, могут аккумулировать йод.

Грань между токсичностью микроэлементов и потребностью организмов в них очень тонкая. В связи с этим необходимо проведение исследований *in vitro* для исключения их токсичного неблагоприятного действия, а также поиска стимулирующего рост растений эффекта.

Цель – определить влияние растворов соединений йода и БС на длину проростка овса ярового сорта Лидия при разном времени замачивания *in vitro*.

Исследование, тест-объектом которого выступал яровой овес сорта Лидия, было проведено в лабораторных условиях на базе кафедры зоологии и генетики БрГУ имени А. С. Пушкина. Постановка эксперимента осуществлялась с использованием методики определения всхожести семян сельскохозяйственных культур ГОСТ 12038-84. Опытными вариантами растворов выступали: КІ в концентрации 0,005 %, гомобрассинолид в концентрации 10^{-9} % + 0,005 % КІ (ГБ + КІ), эпибрассинолид в концентрации 10^{-9} % + 0,005 % КІ (ЭБ + КІ), эпикастастерон в концентрации 10^{-9} % + 0,005 % КІ (ЭК + КІ). В качестве контроля выступала дистиллированная вода, а стандарта – удобрение «Глутамат + 7 йод» (ГІ). Содержание йода в данном удобрении составило 0,005 %.

В каждом варианте опыта выборка составляла по 30 семян в трех повторностях. Способ воздействия на семена – предварительное замачивание в растворах в течение 90 минут (опыт А) и 120 минут (опыт Б). После этого семена были помещены на сутки в чашки Петри, а далее – в бумажные рулоны, в которых они проращивались в темноте. На 9-е и 17-е сутки были проведены замеры длины проростков. К числу проросших относились семена с ростком и нормально развитым корешком. Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программы MS Excel 2007. Достоверность определялась с помощью t-критерия Стьюдента и двухфакторного дисперсионного анализа (ДДА).

Оценка полученных данных (таблица 1) в опыте А показала, что все исследуемые растворы оказали достоверное положительное влияние на длину проростка на 9-е сутки. Наибольший стимулирующий рост эффект имел место при использовании раствора ГБ + КІ: увеличение относительно контроля составило 655,5 %, относительно КІ – 96,5 %. Значительное стимулирующее действие также оказал раствор ЭК + КІ: увеличение длины проростка составило 508 % относительно контрольного варианта. Однако отличий между действием ЭК + КІ и ГІ отмечено не было. В целом стимулирующий рост эффект уменьшался в ряду ГБ + КІ > ЭК + КІ > ЭБ + КІ > ГІ > КІ.

Таблица 1 – Влияние соединений йода и брассиностероидов на длину проростка на 9-е сутки

Вариант опыта	Время экспозиции семян в растворах	
	90 минут	240 минут
Длина проростков, $X_{cp.} \pm S_x$, см		
Контроль	$1,19 \pm 0,06$	$9,73 \pm 0,45$
ГБ + КІ	$10,18 \pm 0,72^{***}$	$9,99 \pm 0,35$
ЭБ + КІ	$3,68 \pm 0,87^{***}$	$10,56 \pm 0,49$
ЭК + КІ	$7,00 \pm 0,65^{***}$	$10,11 \pm 0,57$
Г7	$5,88 \pm 0,50^{***}$	$10,35 \pm 0,56$
КІ	$5,18 \pm 0,78^{***}$	$11,07 \pm 0,46^{***}$

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

Анализ показателей средней длины проростка (опыт Б) показал, что данный показатель во всех опытных вариантах не имел достоверных отличий от контроля. При использовании раствора КІ наблюдалось незначительное увеличение исследуемого признака, которое составило 13,8 % относительно контроля.

На 17-е сутки при замачивании семян на 90 минут было выявлено, что наибольший стимулирующий рост эффект проявился в опытах с раствором ГБ + КІ (таблица 2): увеличение относительно контроля составило 45,5 %. Длины проростков в остальных случаях не отличались от контрольной.

Таблица 2 – Влияние соединений йода и брассиностероидов на длину проростка на 17-е сутки

Вариант опыта	Время экспозиции семян в растворах	
	90 минут	90 минут
Длина проростков, $X_{cp.} \pm S_x$, см		
Контроль	$10,09 \pm 0,45$	$15,16 \pm 0,51$
ГБ + КІ	$14,68 \pm 1,52^{***}$	$16,28 \pm 0,52$
ЭБ + КІ	$10,40 \pm 0,87$	$14,77 \pm 0,46$
ЭК + КІ	$11,25 \pm 0,60$	$17,44 \pm 0,68^{***}$
Г7	$11,06 \pm 0,46$	$15,56 \pm 0,75$
КІ	$9,16 \pm 0,75$	$14,91 \pm 0,55$

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

В ходе анализа результатов, полученных при замачивании семян на 240 минут, было обнаружено, что наибольший стимулирующий рост проростка на 17-е сутки эксперимента эффект наблюдается при применении раствора ЭК + КІ. Так, увеличение относительно контроля составило 15 %. Результаты остальных вариантов опыта не отличались от контрольного. Положительное влияние ГБ + КІ, наблюдаемое при замачивании на 90 ми-

нут, имело место и в текущем эксперименте. Однако наблюдаемый эффект оказался незначительным и статистически недостоверным.

Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ продемонстрировал достоверное влияние типа вещества на длину проростка семян ярового овса сорта Лидия (таблица 3) как на 9-е сутки эксперимента, так и на 17-е. Среди всех исследуемых растворов наибольшее стимулирующее рост проростка воздействие оказывали растворы ЭК + КІ и ГБ + КІ. В то же время было выявлено, что положительное действие ЭК + КІ было выше, чем ГБ + КІ, а ЭБ + КІ – не отличалось от контроля. Таким образом, можно сделать вывод о благоприятном воздействии соединений йода и БС на длину проростка семян ярового овса сорта Лидия.

Таблица 3 – Результаты ДДА изменчивости длины проростка ярового овса сорта Лидия под действием соединений йода и БС

Признак	Источник вариации	
	Вещество	Время экспозиции
Длина проростка на 9-е сутки	$5 \times 10^{-4***}$	$3 \times 10^{-10***}$
Длина проростка на 17-е сутки	0,007**	$2 \times 10^{-2***}$

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

Более того, было обнаружено, что время экспозиции также оказывает достоверное влияние на изменчивость морфометрического параметра роста. Так, было выявлено, что положительный эффект исследуемых веществ, наблюдаемый при замачивании семян на 90 минут, оказался выше, чем при 240 минутах. Однако при увеличении времени экспозиции проростки в целом оказались длиннее.

На ряду с описанными выше результатами, интересным представляется факт «запаздывания» роста контрольного варианта опыта по отношению к остальным, наблюдаемый на 9-е сутки при замачивании на 90 минут. Так, уже на 17-е сутки контрольные проростки не отличались от опытных в КІ, Г7 и ЭБ + КІ. Это, возможно, объясняется положительным воздействием соединений йода на стадии «гетеротрофного питания». Однако при исчерпании запаса питательных веществ и переходе к фотосинтезу наблюдаемый эффект пропал. Это, возможно, подтверждает результаты других исследователей, свидетельствующие о наибольшем положительном влиянии соединений йода на стадии замачивания семян, а не при обработке взрослых растений [4]. В то же время такой эффект в случае более длительной экспозиции не наблюдался.

Таким образом, в ходе проведенных исследований было выявлено положительное влияние сочетания некоторых растворов БС (ЭК и ГБ) и йода на рост проростка.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проблема дефицита йода и пути ее решения в Республике Беларусь / Н. Д. Коломиец [и др.] // Гигиена и санитария. – 2016. – № 5. – С. 417–421.
2. Степанова, О. В. Экологическая оценка содержания и действия йода в системе почва-растение в условиях южной лесостепи Западной Сибири : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / О. В. Степанова. – Омск, 2018. – 232 л.
3. Shamsul, H. Brassinosteroids: A Class of Plant Hormone / H. Shamsul, A. Ahmad. – Springer Science + Business Media B.V., 2011. – 462 p.
4. Влияние различных способов применения йода на рост и химический состав растений овса / А. В. Синдирева [и др.] // Электрон. науч.-метод. журн. Омск. ГАУ. – 2016. – № 4 (7). – С. 1–6.

