

**ЛИДИЯ ВЛАДИМИРОВНА ТИМЕЙКО**  
кандидат биологических наук, доцент кафедры зоотехнии, рыбоводства, агрономии и землеустройства Института биологии, экологии и агротехнологий, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*timeiko.lidi@yandex.ru*

**ЕКАТЕРИНА СТАНИСЛАВОВНА ХОЛОПЦЕВА**  
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биологии Карельского научного центра Российской академии наук (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*holoptseva@krc.karelia.ru*

## ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ЦИРКОНОМ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СВЕТО-ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ СО<sub>2</sub>-ГАЗООБМЕНА РАСТЕНИЙ ТИМОФЕЕВКИ ЛУГОВОЙ С. ВИК 9\*

Приведены результаты исследования влияния различных концентраций препарата циркон на ростовые показатели и СО<sub>2</sub>-газообмен растений тимофеевки луговой с. ВИК 9. Показано, что в диапазоне изученных концентраций ( $1 \times 10^{-1} \dots 1 \times 10^{-9}$ ) предпосевная обработка семян на начальных этапах развития может как стимулировать, так и ингибировать процессы прорастания, но достоверно усиливает ростовые процессы растений тимофеевки начиная с момента кущения. Данный эффект зависит от концентрации действующего вещества и сохраняется на протяжении всего эксперимента. Кроме того, обработка регулятором роста незначительно снижает интенсивность максимума и оптимума нетто-фотосинтеза растений, повышая их лабильность к свето-температурным условиям за счет расширения границ оптимума по исследуемым параметрам среды. Обработка растений цирконом способствовала увеличению соотношения гросс-фотосинтеза и дыхания в результате уменьшения дыхательной составляющей.

Ключевые слова: тимофеевка луговая, регуляторы роста, циркон, ростовые процессы, свет, температура, СО<sub>2</sub>-газообмен, нетто-фотосинтез, дыхание растений

Реализация максимальной продуктивности вида при повышении устойчивости растений к световым, водным, температурным и другим стрессам может быть осуществлена при использовании фиторегуляторов [9]. Чаще всего особенностью их действия как раз и является усиление физиолого-биохимических процессов в растениях на фоне повышения устойчивости к экстремальным факторам и болезням [13].

Одним из перспективных препаратов является циркон, созданный на основе гидроксикирничных кислот, растворенных в спирте. Этот биорегулятор имеет широкий спектр действия, обладает сильным иммуномодулирующим влиянием, индуцирует корнеобразование, цветение, повышает устойчивость к болезням и стрессам. Препарат действует при минимальных концентрациях и позволяет направленно регулировать важнейшие процессы в растительном организме, полнее реализовать потенциальные возможности сорта, заложенные в геноме природой и селекцией. Растения из обработанных препаратом семян отличаются высоким технологическим качеством

надземной части и мощной корневой системой [1], [7].

Оценить реакцию растений на действие некоторых факторов внешней среды, например свет, температуру, ростовые вещества, можно с помощью СО<sub>2</sub>-обмена растений, который является лабильным интегральным показателем процесса продуктивности. Указанный параметр быстро реагирует на изменения условий среды и удобен для дистанционной и непрерывной регистрации без контакта с растением [4]. Одним из методов получения ответной реакции растений и исследования их экофизиологической характеристики является постановка активного многофакторного планируемого эксперимента и определение интенсивности ведущих факторов внешней среды – света и температуры, обеспечивающих достижение оптимального уровня нетто-фотосинтеза и СО<sub>2</sub>-газообмена в целом [11].

Целью наших исследований было изучение влияние препарата циркон на ростовые параметры и свето-температурные зависимости СО<sub>2</sub>-газообмена растений тимофеевки луговой

при постановке эксперимента в условиях открытого грунта и лаборатории.

Объектом исследования являлись семена и растения тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.) с. ВИК 9, выведенной во ВНИИ кормов имени В. Р. Вильямса методом многократного переопыления образца тимофеевки из Вологодской области с лучшими сортами из Центральной Нечерноземной зоны с последующим многократным отбором в условиях сенокосно-пастбищного использования. Особенностями сорта являются высокие зимостойкость и засухоустойчивость, средняя устойчивость к основным болезням. Сорт допущен к использованию по Северо-Западному региону, включен в Госреестр с 1973 года.

С целью изучения влияния препарата циркон в диапазоне концентраций от  $1 \times 10^{-1}$  до  $1 \times 10^{-9}$  % на лабораторную всхожесть подготовленные семена раскладывали по 100 штук в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную растворами изучаемого регулятора роста, согласно плану опыта. В каждую чашку приливали по 3 мл рабочего раствора с одной из указанных выше концентраций исследуемого препарата, контролем являлись семена, помещенные в дистиллированную воду. Семена прорашивали в термостате типа ТС-80М-2 в темноте при температуре 21 °С. Энергия прорастания и всхожесть семян определялись согласно ГОСТ 12038-84.

В полевых условиях для оценки воздействия препарата циркон на фенологические и морфометрические показатели растений рендомизировано в четырех повторностях закладывали опыт на метровых делянках. Семена, предварительно обработанные в течение 18 часов ростовым веществом различной концентрации (согласно схеме опыта), подсушивали и высевали на делянки. В каждом варианте во всех повторностях было по 50 учетных растений. Проведены фенологические наблюдения (появление всходов, кущение, выход в трубку, колошение, цветение) и биометрические измерения (число и длина побегов, число междуузлий, масса листьев и площадь их поверхности). Полученные результаты обработаны статистически. Использовали агротехнику, рекомендованную для Северо-Запада. Химические анализы по определению сырого протеина (%), клетчатки (%), золы (%), каротина (мг/100 г зеленых листьев побегов) в растительном материале выполнены по общепринятым методикам [8].

Исследование СО<sub>2</sub>-газообмена проводили на интактных растениях. Перед посевом 3 г семян тимофеевки луговой в течение 18 часов замачивали в 6 мл 0,0001 % раствора циркона, а контрольные – в 6 мл дистиллированной воды. По завершении экспозиции семена подсушивали на фильтровальной бумаге, а затем высевали по 100 штук в сосуды с песком емкостью 0,5 л на глу-

бину 0,4–0,5 см, обеспечивая рассеянный полив питательным раствором. По мере роста нестандартные растения удаляли, оставляя по 50 штук на сосуд. Растения выращивали в течение 25–27 дней до фазы 5–6 листьев (начало кущения) под светоустановками при 14-часовом фотопериоде, освещенности 15–20 клк, температуре воздуха 22/20 °С (день/ночь) [5]. По достижении растениями заданной фазы развития сосуды помещали в фитotron с регулированием света в диапазоне 0–40 клк и температуры воздуха от 5 до 40 °С. Эксперимент проводили по 11-точечному плану [2] с экспозицией в каждой точке в течение 30–40 минут. Газообмен определяли по разности концентрации СО<sub>2</sub> на входе и выходе ассимиляционной камеры включенным по дифференциальной схеме газоанализатором «Infracalyt-4» (Junkalor, Германия). Интенсивность нетто-фотосинтеза рассчитывали на единицу сухого веса целых растений. Затем с помощью регрессионного анализа экспериментальных данных для каждого варианта опыта получали уравнение, отражающее зависимость нетто-фотосинтеза от освещенности и температуры.

Анализ данных лабораторных опытов показывает, что действие циркона на энергию прорастания и всхожесть семян зависит от концентрации. В диапазоне изученных концентраций выявлен широкий спектр проявляемого действия циркона на процесс прорастания семян тимофеевки луговой. Так, ингибирующее действие выявлено в варианте с  $1 \times 10^{-1}$  % концентрацией, достоверного влияния на изучаемый процесс препарат не оказал в разбавлении  $1 \times 10^{-2}$  и  $1 \times 10^{-3}$  %. В среднем диапазоне концентраций  $1 \times 10^{-4} \dots 1 \times 10^{-6}$  % отчетливо просматривается стимулирующее воздействие, максимальный эффект проявился при намачивании семян в растворе  $1 \times 10^{-5}$  %. Стимулирующее воздействие от обработки семян ослабевает пропорционально уменьшению содержания действующего вещества в растворе, и в варианте  $1 \times 10^{-9}$  % показатели достоверно не отличаются от контроля.

Семена тимофеевки луговой начинают прорастать при температуре 1–2 °С. Весной начало вегетации совпадает с датой перехода средней суточной температуры через 5 °С. Оптимальная температура роста и развития 18–19 °С [3], [6]. Изучение фенологических процессов в полевых условиях показало сохранение выявленной тенденции всхожести семян тимофеевки луговой в условиях лабораторного опыта (табл. 1). Однако в условиях эксперимента в открытом грунте характерно некоторое расширение диапазона стимулирующих концентраций препарата – даже самый слабый раствор вызывал недостоверное, но сокращение периода от посева до всходов.

В условиях благоприятного сочетания температуры и влаги вегетационного сезона в год

Таблица 1  
Влияние препарата циркон на фенологическое развитие тимофеевки луговой с. ВИК 9

Вариант, концентрация препарата, %	Дней от посева				Дней от посева	
	всходы единичные	фенофаза				
		всходы массовые	трубкование	колошение	цветение	первое скашивание
Контроль (дист. вода)	14	18	39	49	54	58
Циркон $1 \times 10^{-1}$	13	17	42	47	52	58
Циркон $1 \times 10^{-2}$	11	16	40	46	50	58
Циркон $1 \times 10^{-3}$	10	16	39	46	50	58
Циркон $1 \times 10^{-4}$	10	16	35	43	50	58
Циркон $1 \times 10^{-5}$	10	16	35	46	50	58
Циркон $1 \times 10^{-6}$	10	16	35	46	50	58
Циркон $1 \times 10^{-7}$	10	16	36	46	50	58
Циркон $1 \times 10^{-8}$	12	17	40	46		58
Циркон $1 \times 10^{-9}$	12	17	39	46	54	58

проведения эксперимента тимофеевка луговая при весеннем беспокровном посеве прошла фазы колошения и цветения в год посева. Препарат в концентрациях  $1 \times 10^{-4} \dots 1 \times 10^{-7} \%$  на 3–4 дня укорачивал продолжительность фенофаз, сохраняя положительное влияние вплоть до получения отавы.

Хозяйственная ценность растений определяется их кормовыми достоинствами, урожайностью, пригодностью для конкретных видов использования, сроками использования и другими характеристиками. При изучении органогенеза растений тимофеевки луговой с. ВИК 9 выявлено положительное влияние циркона в широком спектре концентраций как на число стеблей, их длину, так и на количество междуузлий, массу и облиственность одного растения (табл. 2). Увеличение числа побегов, междуузлий, площади листьев приводит к общему росту доли листового высокопитательного и охотно поедаемого животными компонента в сене и других видах

заготавливаемых кормов и обеспечивает, таким образом, улучшение качества получаемой продукции.

В современном животноводстве большое внимание уделяется обеспечению сбалансированного питания животных всех групп. Значение протеина в кормлении чрезвычайно высоко, так как все жизненные процессы в организме животного связаны с белковым обменом. Необходимо систематическое поступление белков с кормом, поскольку протеин тела непрерывно расходуется, и в случае длительного полного исключения его из рациона животное погибает [12].

Кроме того, в кормлении отдельно рассматривают каротиновую питательность, поскольку это соединение – предшественник витамина А, жизненно необходимого для нормального роста и воспроизводства, а также для повышения устойчивости организма к возбудителям различных заболеваний. Бета-каротин поступает исключительно с растительными кормами или путем

Таблица 2  
Влияние препарата циркон на биометрические показатели тимофеевки луговой с. ВИК 9 (58-й день после посева)

Вариант, концентрация препарата, %	Число побегов у растения, шт.	Длина побега, см	Число междуузлий на 1 вегетативном побеге, шт.	Масса листьев с 1 растения, г	Площадь 1 листа, $\text{см}^2$
Контроль (дист. вода)	3,2	57,8	6,4	104,3	32,1
Циркон $1 \times 10^{-1}$	3,7	67,2	7,1	104,2	32,6
Циркон $1 \times 10^{-2}$	4	70,0	7,4	109,7	34,2
Циркон $1 \times 10^{-3}$	4	68,8	7,5	115,5	35,0
Циркон $1 \times 10^{-4}$	7,5	73,2	8,4	126,2	39,9
Циркон $1 \times 10^{-5}$	7,5	71,9	9,9	115,4	38,2
Циркон $1 \times 10^{-6}$	6,6	69,9	9,7	130,2	36,9
Циркон $1 \times 10^{-7}$	4,5	73,1	8,6	129,5	38,5
Циркон $1 \times 10^{-8}$	4,3	70,4	7,9	129,3	36,9
Циркон $1 \times 10^{-9}$	4,1	68,9	8,1	130,4	38,0

Таблица 3  
Влияние препарата циркон на химический состав абсолютно сухой массы  
растений тимофеевки луговой с. ВИК 9 (90 дней от посева)

Вариант, препарат, %	Показатель				
	сырой протеин, %	клетчатка, %	зола, %	каротин, мг/100 г зеленых	
				листьев	побегов
Контроль (дист. Вода)	5,9	32,5	4,0	79,9	13,7
Циркон $1 \times 10^{-1}$	7,4	28,1	7,3	80,2	15,6
Циркон $1 \times 10^{-2}$	7,6	27,4	6,8	84,1	
Циркон $1 \times 10^{-3}$	9,5	27,5	5,9	80,5	16,0
Циркон $1 \times 10^{-4}$	9,4	27,3	5,8	86,1	15,9
Циркон $1 \times 10^{-5}$	10,0	26,1	6,4	89,0	16,4
Циркон $1 \times 10^{-6}$	9,2	25,9	6,1	81,0	14,9

кормовых добавок на основе  $\beta$ -каротина, так как организм животных не может самостоятельно его синтезировать [12].

Химический анализ позволяет составить представление о кормовой ценности тимофеевки луговой (табл. 3). В проведенных исследованиях циркон в изученных концентрациях достоверно повышает содержание сырого протеина и каротина, способствует накоплению зольных элементов и препятствует огрубению растительного сырья, что проявляется меньшим содержанием клетчатки относительно контроля.

Продуктивность растений непосредственно связана с основополагающим процессом накопления энергоемких соединений – фотосинтезом, а также эффективным их использованием при дыхании [10]. Оба этих процесса находятся под влиянием факторов внешней среды, для комплексной оценки которого нами был проведен многофакторный эксперимент. Полученное в результате исследования  $\text{CO}_2$ -газообмена уравнение связи позволяет определить максимальные значения видимого фотосинтеза, при естественном содержании в воздухе  $\text{CO}_2$ , области оптимума (90 % от максимума), интенсивность света и температуры, их обеспечивающих, как для контрольных, так и для обработанных растений.

Исследования  $\text{CO}_2$ -газообмена показали, что контрольные растения имели максимум нетто-фотосинтеза (26,36 мг  $\text{CO}_2$ /г сух. массы ч) при температуре воздуха 23,1 °C и освещенности 47,1 клк (рис. 1а). Обработка цирконом привела к уменьшению максимума (25,53 мг  $\text{CO}_2$ /г сух. массы ч) и изменению требований растений тимофеевки луговой, снижая температуру его наступления до 22,5 °C, а освещенности – до 44,1 клк (рис. 1б).

Однако следует отметить, что в естественных условиях сочетания факторов внешней среды, поддерживающие максимальные значения фотосинтеза, бывают весьма редко, а их обеспечение в защищенном грунте требует значительных средств [15]. Поэтому наилучшими условиями произрастания вида или сорта являются те,

которые обеспечивают достижение оптимума процесса – то есть условия (температурные и световые), при которых, судя по экспериментальным данным, возможно получение более 90 % от потенциального максимума интенсивности нетто-фотосинтеза [14]. Влияние циркона привело к уменьшению оптимума нетто-фотосинтеза (25,12 мг  $\text{CO}_2$ /г сух. массы ч контроль и 23,58 мг  $\text{CO}_2$ /г сух. массы ч опыт) и расширению границ температурного (16,7–29,6 °C контроль, 13,4–31,5 °C опыт) и светового (34,7–59,4 клк контроль, 31,0–57,2 клк опыт) диапазонов его наступления (см. рис. 1а, 1б). Последнее показывает усиление устойчивости растений к исследуемым факторам среды в широком диапазоне воздействий.

Исследование интенсивности дыхания растений тимофеевки в зависимости от температуры показывает значительное уменьшение процесса в последствии обработки цирконом при всех уровнях температуры воздуха. В то же время, несмотря на снижение показателей как фотосинтеза, так и дыхания, общее соотношение этих процессов имеет положительную динамику, что способствует нарастанию биомассы растений [10]. Наблюдаемое увеличение соотношения гросс-фотосинтеза к дыханию (рис. 2), особенно при температурах оптимума (10–25 °C), может свидетельствовать о более экономном расходовании энергии, запасенной в процессе фотосинтеза.

Кроме того, баланс дыхательных составляющих в последствии циркона, вероятно, сдвигается в сторону составляющей дыхания роста, что подтверждается увеличением надземной массы растений (0,017 г сух. массы/1 растение в контроле и 0,024 г сух. массы/1 растение в опыте). Обработка цирконом сильно стимулирует рост корневой сферы [7] и способствует устойчивости растений к дефициту влаги, увеличению площади питания растений, что в итоге приводит к увеличению массы надземной части тимофеевки луговой.

Таким образом, лабораторные и полевые исследования показали, что обработка цирконом семян тимофеевки луговой значительно увели-

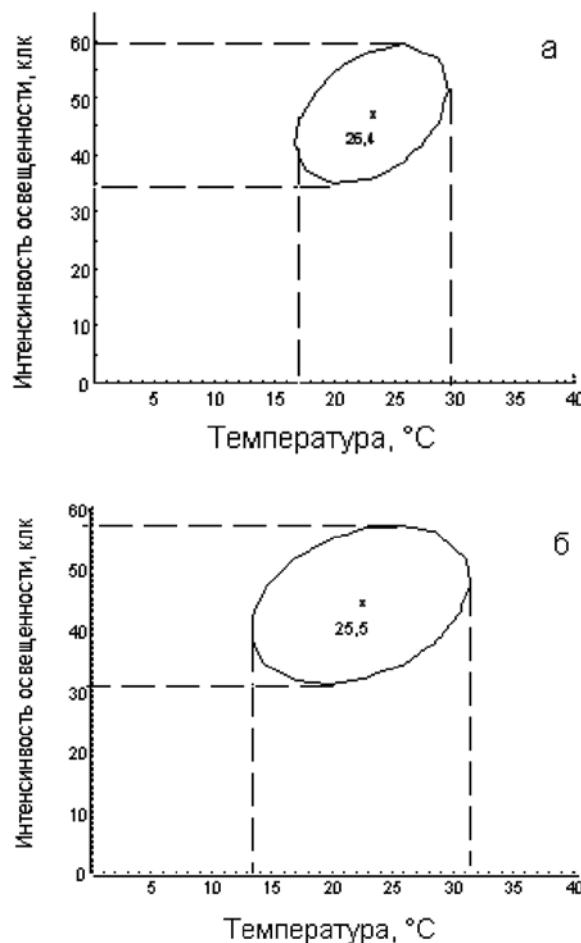


Рис. 1. Потенциальный максимум и границы оптимума нетто-фотосинтеза растений тимофеевки луговой с. ВИК 9 и свето-температурные условия, обеспечивающие их достижение в условиях выращивания (а) и в последствии обработки цирконом (б)

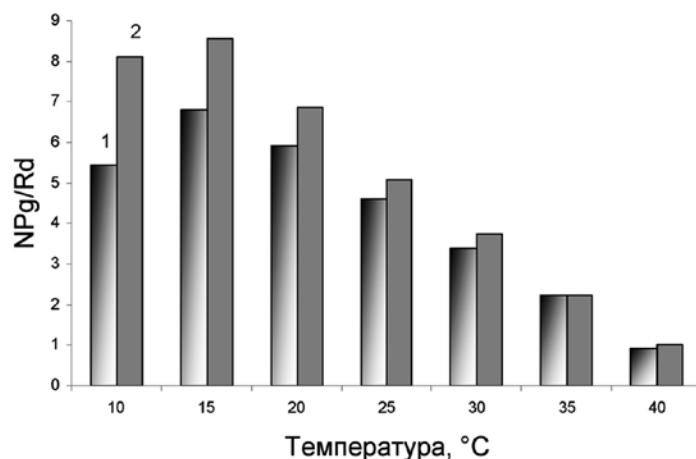


Рис. 2. Температурная зависимость изменений соотношения интенсивности гросс-фотосинтеза (NPG) и дыхания (Rd) растений тимофеевки луговой с. ВИК 9 в условиях выращивания (1) и в последствии обработки цирконом (2)

чивает их энергию прорастания и лабораторную всхожесть, изменяет биометрические показатели растений, а также улучшает химический состав и питательную ценность зеленой массы корма, в частности, за счет большей облиственности побе-

гов. Диапазон концентраций, вызывающих примерно одинаковую по выразительности реакцию растений, находится в интервале  $1 \times 10^{-4} \dots 1 \times 10^{-7} \%$  и подтверждается как в полевых, так и в лабораторных опытах. Кратковременное воздействие

цирконом в концентрации  $1 \times 10^{-4} \%$  снижает интенсивность максимума и оптимума нетто-фотосинтеза растений, но повышает их приспособляемость к свето-температурным условиям за счет расширения границ оптимума по исследуемым параметрам среды. Снижение фотосинтеза не

сказывается на наращивании высокопитательной биомассы растений, которая увеличивается в последствии обработки цирконом за счет вероятного перераспределения энергетических запасов в процессе дыхания между составляющими дыхания роста и поддержания.

\*Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания по теме № 0221-2014-0032.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Будыкина Н. П., Тимейко Л. В., Коробицына Л. Н. Применение нового регулятора роста циркон на цветной капусте в условиях Карелии // Аграрная наука. 2009. № 2. С. 25–26.
- Голикова Т. И., Панченко Л. А., Фридман М. З. Каталог планов второго порядка. М.: Изд-во МГУ, 1974. 387 с.
- Дроздов С. Н., Курец В. К., Титов А. Ф. Терморезистентность активно вегетирующих растений. Л.: Наука, 1984. 168 с.
- Дроздов С. Н., Курец В. К. Некоторые аспекты экологической физиологии растений. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2003. 160 с.
- Курец В. К., Попов Э. Г. Статистическое моделирование системы связей растение – среда. Л.: Наука, 1991. 152 с.
- Лархер В. Экология растений. М.: Мир, 1978. 384 с.
- Малеваная Н. Н. Циркон на службе растений // Гавриш. 2001. № 1. С. 21.
- Методы биохимического исследования растений / Под ред. А. И. Ермакова. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
- Прусакова Л. Д., Малеваная Н. Н., Белопухов С. Л., Вакуленко В. В. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами // Агрохимия. 2005. № 11. С. 76–86.
- Семихатова О. А., Иванова Т. И., Кирпичникова О. В. Растения Севера: дыхание и его связь с продукционным процессом // Физиология растений. 2009. Т. 56 (3). С. 340–350.
- Холопцева Е. С., Дроздов С. Н., Попов Э. Г. Нетто-фотосинтез растений как показатель экологической характеристики биоразнообразия // Сельскохозяйственная биология. Серия «Биология растений». 2008. Т. 3. Май – июнь. С. 106–109.
- Хохрин С. Н. Корма и кормление животных. СПб.: Лань, 2002. 512 с.
- Шевелуха В. С., Ковалев В. М., Грудев Л. Г., Блиновский И. К. Регуляторы роста растений в сельском хозяйстве // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 9. С. 57–65.
- Gerhard Wagenitz. Wörterbuch der Botanik. 2. Erweiterte Auflage. Hamburg: Nikol, 2008. 166 p.
- Hans Joachim Conert. Pareys Gräserbuch. Die Gräser Deutschlands erkennen und bestimmen. Berlin: Parey, 2000. 84 p.

Timeiko L. V., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

Holoptseva E. S., Institute of Biology of Karelian Research Center of RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)

#### THE EFFECT OF ZIRCON TREATMENT ON GROWTH INDICATORS AND LIGHT-TEMPERATURE DEPENDENCIES OF THE CO<sub>2</sub>-GAS EXCHANGE IN THE PLANTS OF TIMOTHY GRASS (PHLEUM PRATENSE L.) VAR. VIC 9

The results of the investigations of the effect of different concentrations of zircon preparations on the growth parameters and CO<sub>2</sub>-gas exchange of Timothy meadow s. VIC 9 plants are provided. It was shown that in the studied range of concentrations ( $1 \times 10^{-1} \dots 1 \times 10^{-9}$ ) presowing treatment of the seeds at the initial stage of development can stimulate or inhibit the process of germination and significantly enhance the growth of Timothy grass starting from the time of tillering. This effect depends on the concentration of active substances and is maintained throughout the experiment. Besides that, the treatment with growth regulators slightly reduces the intensity of the maximum and the optimum of the net photosynthesis in plants, raising their lability to light and temperature conditions by expanding the boundaries of the optimum in the studied environment parameters. A change in the ratio of the gross photosynthesis and respiration caused by the reduction of the respiratory component was noted.

Key words: Timothy grass, growth regulators, zircon, growth processes, light, temperature, CO<sub>2</sub>-gas exchange, net photosynthesis, respiration of plants

#### REFERENCES

- Budykina N. P., Timeiko L. V., Korobitsina L. N. The application of the new growth regulator zircon in cauliflower in conditions of Karelia [Применение нового регулятора роста циркон на цветной капусте в условиях Карелии]. Agrarnaya nauka [Agrarian science]. 2009. № 2. P. 25–26.
- Golikova T. I., Panchenko L. A., Fridman M. Z. Katalog planov vtorogo poryadka [Catalogue of plans of the second order]. Moscow, MGU Publ., 1974. 387 p.
- Drozdov S. N., Kurets V. K., Titov A. F. Termorezistentnost' aktivno vegetiruyushchikh rasteniy [Thermal resistance of actively vegetating plants]. Leningrad, Nauka Publ., 1984. 168 p.

4. Drozdov S. N., Kurets V. K. *Nekotorye aspekty ekologicheskoy fiziologii rasteniy* [Some aspects of ecological physiology of plants]. Petrozavodsk, PetrGU Publ., 2003. 160 p.
5. Kurets V. K., Popov E. G. *Statisticheskoe modelirovaniye sistemy svyazey rastenie – sreda* [Statistical modeling of the system of plants – environment]. Leningrad, Nauka Publ., 1991. 152 p.
6. Larcher V. *Ekologiya rasteniy* [Ecology of plants]. Moscow, Mir Publ., 1978. 384 p.
7. Malevannaya N. N. *Zircon in the service of plants* [Tsirkon na sluzhbe rasteniy]. Gavrih. 2001. № 1. P. 21.
8. *Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy* [Methods of biochemical research of plants] / Ed. by A. I. Ermakova. Leningrad, Agropromizdat Publ., 1987. 430 p.
9. Prusakova L. D., Malevannaya N. N., Belopukhov S. L., Vakulenko V. V. Plant growth regulators with anti-stress and immunoprotector properties [Regulatory rosta rasteniy s antistressovymi i immunoprotectornymi svoystvami]. *Agrokhimiya* [Agricultural Chemistry]. 2005. № 11. P. 76–86.
10. Semikhatova O. A., Ivanova T. I., Kirpichnikova O. V. Plants of the North: the breath and its relationship to production process [Rasteniya Severa: dykhanie i ego svyaz' s produktsionnym protsessom]. *Fiziologiya rasteniy* [Russian Journal of Plant Physiology]. 2009. Vol. 56 (3). P. 340–350.
11. Holoptsev E. S., Drozdov S. N., Popov E. G. Net photosynthesis as an indicator of the ecological characteristics of biodiversity [Netto-fotosintez rasteniy kak pokazatel' ekologicheskoy kharakteristiki bioraznoobraziya]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. Seriya "Biologiya rasteniy"* [Agricultural Biology]. 2008. Vol. 3. May – June. P. 106–109.
12. Khokhrin S. N. *Korma i kormlenie zivotnykh* [Feed and feeding of animals]. St. Petersburg, Lan' Publ., 2002. 512 p.
13. Shevelukha V. S., Kovalev V. M., Grudnev L. G. Plant growth regulators in agriculture [Regulatory rosta rasteniy v sel'skom khozyaystve]. *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 1985. № 9. P. 57–65.
14. Gerhard Wagenitz. *Wörterbuch der Botanik*. 2. erweiterte Auflage. Hamburg: Nikol, 2008. 166 p.
15. Hans Joachim Conert. *Pareys Gräserbuch. Die Gräser Deutschlands erkennen und bestimmen*. Berlin: Parey, 2000. 84 p.

Поступила в редакцию 21.06.2017