

УДК 541.49:581.1

ВЛИЯНИЕ БОРАТНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ЭТИЛЕНДИАМИНДИАНТАРНОЙ КИСЛОТЫ НА ПРОРОСТКИ КУЛЬТИВИРУЕМЫХ РАСТЕНИЙ

Т.И. Смирнова¹, Е.А. Подолян^{2,3}

¹Тверская государственная сельскохозяйственная академия, Тверь

²Тверской государственный университет, Тверь

³Всероссийский НИИ мелиорированных земель, Тверь

В лабораторном опыте на проростках льна и пшеницы исследована биологическая активность борсодержащего хелата на основе этилендиаминдиантарной кислоты (В-ЭДДЯК) в сравнении с борной кислотой (H_3BO_3) и этилендиаминдиантарной кислотой (ЭДДЯК). Обнаружено, что максимальной биологической активностью характеризуется В-ЭДДЯК.

Ключевые слова: *комплексонат, этилендиаминдиантарная кислота, бор, проростки, пшеница, лён.*

DOI: 10.26456/vtbio79

Введение. Синтезированные на кафедре неорганической и аналитической химии Тверского госуниверситета борсодержащие хелатные соединения на основе комплексонов, производных янтарной кислоты (Толкачева, 2002), представляются весьма перспективными в плане практического использования, поскольку металлоид бор в живой природе выполняет функции микроэлемента, а микроэлементы легче всего поглощаются из окружающей среды растениями и микроорганизмами в составе хелатных комплексов (Островская, 1986; Горелов и др., 1987; Дедюхина и др., 2007).

Растения потребляют бор в больших по сравнению с другими микроэлементами количествах (Ягодин и др., 2002; Физиология растений, 2007; Оберлис и др., 2008). Необходимость бора для растений установлена более полувека назад, а несколько позже обнаружено, что он требуется и животным, и человеку (Brown et al., 2002). Однако до сегодняшнего дня во многом неясно, как реализуются его функции, в какие конкретные биохимические реакции он включён и каков механизм его участия в отдельных обменных процессах. Известно, что бор некоторым образом участвует в метаболизме углеводов, нуклеиновых кислот, ростовых веществ, фенолов; входит в состав клеточных стенок растений в форме комплексов с пектинами, влияет на транспорт сахаров, процессы дыхания, функционирования плазмалеммы, растяжения и деления

растительных клеток (Brown et al., 2002; Физиология растений, 2007; Пашкевич и др., 2011). Поэтому логичным представляется исследование биологической активности борсодержащего комплексного соединения на проростках культивируемых растений.

Целью проведённого эксперимента было выяснение характера воздействия боратного комплекса на основе этилендиаминдиантарной кислоты (В-ЭДДЯК) на биохимический состав и биомассу проростков культивируемых растений в сравнении с результатами воздействия традиционного борного микроудобрения – борной кислоты и некоординированного комплексона (ЭДДЯК).

Методика. В лабораторных условиях при $t = 22 \pm 1^\circ\text{C}$ исследовали влияние борат-этилендиаминдисукцинатного комплекса на всхожесть и проростки льна-долгунца *Linum usitatissimum* L. и яровой пшеницы *Triticum aestivum* L.

Воздействие боратных комплексов на всхожесть и развитие проростков льна (сорт «Ленок») определяли, проращивая семена в чашках Петри на фильтровальной бумаге, увлажненной 0,002 М растворами H_3BO_3 , ЭДДЯК, В-ЭДДЯК; в контрольных вариантах – $\text{H}_2\text{O}_{\text{dist}}$. Вода и растворы были взяты в объёмах по 20 мл. Каждый вариант выполнен в четырёхкратной повторности. В опыте определяли всхожесть семян, биомассу 7-дневных проростков и содержание в листьях проростков фотосинтетических пигментов, так как рост и развитие растения напрямую зависят от интенсивности процессов фотосинтеза, неосуществимых без хлорофиллов и каротиноидов. Аналогично исследовали воздействие В-ЭДДЯК, H_3BO_3 и ЭДДЯК на всхожесть яровой пшеницы сорта «Иволга» и содержание фотосинтетических пигментов в проростках злака. Поскольку проростки пшеницы используются в диетическом питании и в качестве витаминной кормовой добавки для животных, представлялось интересным количественное определение в них наиболее важных для здоровья человека и животных отдельных каротиноидов: β -каротина, лютеина, виолаксантина. Другие каротиноиды, так же обладающие определённой биологической активностью (зеаксантин, неоксантин), содержатся в высших растениях в меньшем количестве (Физиология растений, 2007). Разделение пигментов было выполнено методом одномерной тонкослойной хроматографии на бумаге, а количественное определение – спектрофотометрическим методом (колориметр КФК-3- 01 «ЗОМЗ») (Гавриленко, Жигалова, 2009).

Результаты и обсуждение. Результаты проделанных анализов и измерений представлены на рисунках 1-5 и в таблице 1.

По данным опыта исследуемый боратный комплекс увеличивает всхожесть льна на 4%, а H_3BO_3 и ЭДДЯК, напротив, понижают (одинаково на 3%). Эти изменения, как мы предполагаем,

напрямую связаны с различной способностью трёх взятых для опыта веществ сорбироваться на слизистых полисахаридных поверхностях семян льна. Это, в свою очередь, влияет на скорость их проникновения внутрь семени. Среда проращивания влияет, как отмечено на рис. 2, и на общую массу проростков, но несколько иначе, чем на всхожесть. Прежде включения в цепь метаболических процессов и комплексонат, и комплексон, должны, по-видимому, претерпеть биохимическую деструкцию, растянутую во времени, а борат-анионы, даже в меньшем количестве проникающие внутрь семян, могут быстро влиять на растяжение и деление растительных клеток, что вызывает увеличение общей биомассы.

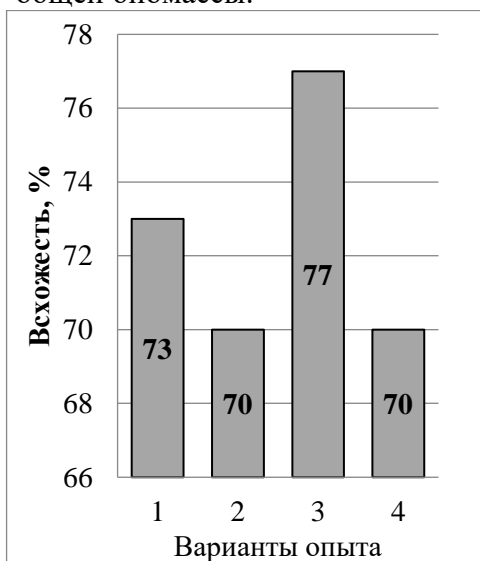


Рис. 1. Всхожесть семян льна в % в зависимости от состава сред проращивания:
1 – контроль, 2 – H_3BO_3 ,
3 – В-ЭДДЯК, 4 – ЭДДЯК

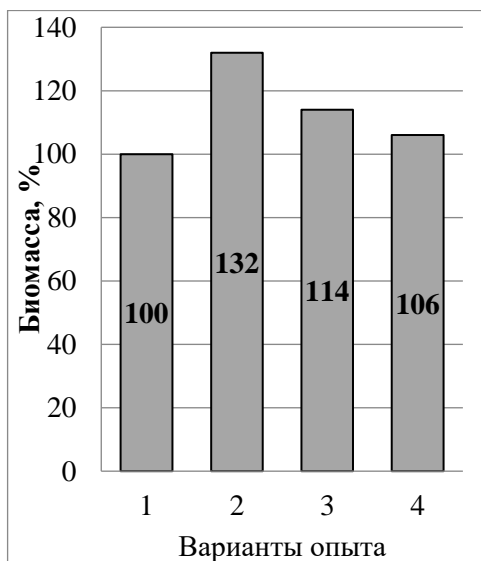


Рис. 2. Биомасса проростков льна в % от контроля в зависимости от состава сред проращивания:
3 – В-ДДЯК, 4 – ЭДДЯК

Как свидетельствуют данные, приведенные в таблице 1, обработка растений раствором борат-этилендиаминдисукуцината существенно увеличивала уровень содержания хлорофилла в проростках опытных растений.

Некоторое увеличение биологически активных веществ вызвала также обработка борной кислотой и свободным комплексом. Можно предполагать, что из поглощённого комплексоната в метаболические процессы растения включается не только бор, но и комплексон или продукты его деструкции как дополнительные источники аминного азота и органического углерода. При этом в составе комплекса оба компонента испытуемого препарата (и бор, и лиганд) оказываются для

растений более доступными, чем каждый по отдельности. Борная кислота и комплексон вызывают более значительное по сравнению с комплексонатом увеличение общего содержания каротиноидов в проростках льна.

Таблица 1
Влияние соединений бора на пигментный состав проростков льна-долгунца и яровой пшеницы

№ п/п	Воздействующее вещество	Фотосинтетические пигменты, мг/100 г			
		Хлорофилл (а+в)		Каротиноиды	
		лён	пшеница	лён	пшеница
1.	–	102,6 ± 2,2	94,1 ± 0,3	45,4 ± 1,0	13,1 ± 0,1
2.	H ₃ BO ₃	127,4 ± 3,0	103,7 ± 0,4	61,9 ± 1,1	19,5 ± 0,2
3.	В-ЭДДЯК	144,8 ± 1,7	110,2 ± 0,6	50,4 ± 2,0	33,5 ± 0,3
4.	ЭДДЯК	115,4 ± 1,7	100,6 ± 1,0	54,2 ± 0,9	20,6 ± 0,2

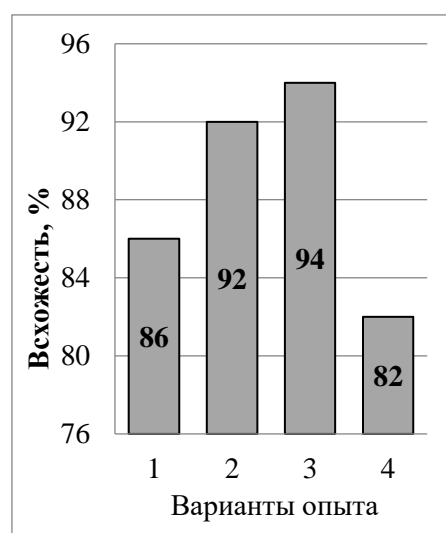


Рис. 3. Всхожесть семян пшеницы в % в зависимости от состава сред проращивания:
1 – контроль, 2 – H₃BO₃,
3 – В- ЭДДЯК, 4– ЭДДЯК

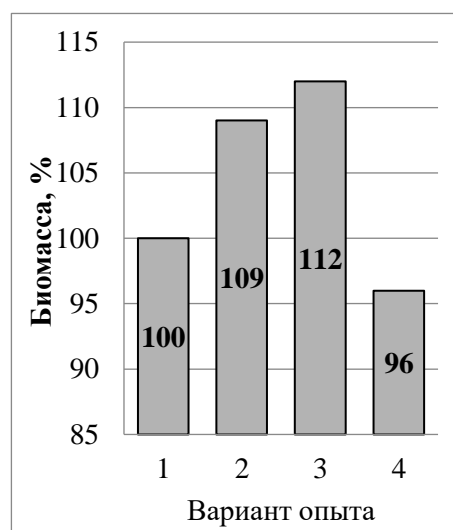


Рис. 4. Биомасса проростков пшеницы, в % от контроля в зависимости от состава сред проращивания: 1 – контроль,
2 – H₃BO₃, 3 – В-ЭДДЯК,
4 – ЭДДЯК

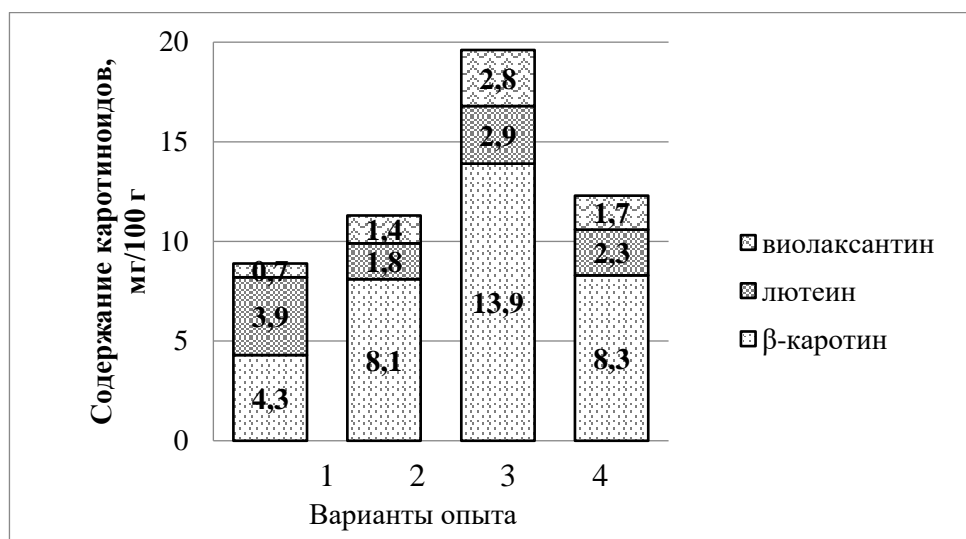


Рис. 5. Содержание каротиноидов в проростках пшеницы, мг/ 100 г сырой массы в зависимости от состава сред проращивания: 1 – контроль, 2 – H_3BO_3 , 3 – В- ЭДДЯК, 4 – ЭДДЯК

Это связано с высоким уровнем имеющихся в проростках данного варианта опыта зелёных пигментов, ослабляющим потребность растений во вспомогательных жёлтых пигментах. Семенные оболочки льна (класс двудольные) и пшеницы (класс однодольные) по-разному проницаемы для различных веществ и, в том числе, для испытуемых препаратов. Также если не забывать о безусловно имеющихся особенностях физиологии однодольных и двудольных растений, можно объяснить однотипный характер воздействия использованных соединений на всхожесть семян и биомассу проростков пшеницы (табл. 1, рис. 3-5).

Заключение. Максимальное по отношению к контролю увеличение всхожести семян пшеницы, биомассы проростков, содержания в них хлорофилла, каротиноидов и β-каротина в том числе достигнуто в варианте проращивания на растворе В-ЭДДЯК. По результатам поставленного эксперимента можно сделать заключение о значительно более высокой биологической активности боратного комплекса ЭДДЯК по сравнению со свободным боратом и предположить возможность практического использования этого соединения как новой формы эффективного борного микроудобрения, увеличивающего всхожесть семян и содержание биологически активных соединений в культивируемых растениях.

Список литературы

- Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. 2009. Большой практикум по фотосинтезу. М.: АСАДЕМА. 256 с.
- Горелов И.П., Никольский В.М., Мухометзянов А.Г. 1987. Комплексоны - производные дикарбоновых кислот. // Химия в сельском хозяйстве. Т. 25, № 1. С. 48-49.
- Дедюхина Э.Г., Чистякова Т.И., Минкевич И.К. 2007. Биодegradация ЭДТА // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. Т. 3. №2. С. 40-49.
- Толкачёва Л.Н. 2012. Физико-химическое исследование процессов комплексообразования элементов III-A подгруппы с комплексонами, производными янтарной кислоты: дис. ... канд. хим. наук. Тверь: ТвГУ. 124 с.
- Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. 2008. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. СПб.: Наука. 540 с.
- Островская Л.К. 1986. Комплексоны и комплексоны металлов и их значение для питания растений металлами-микроэлементами. // Физиология и биохимия культурных растений. Т. 18, № 6. С. 591 – 603.
- Пашкевич Е.Б., Суворова Е.Е., Верховцева Н.В. 2011. Физиолого-биохимические функции бора в растении // Агрохимия. № 11. С. 85-96.
- Физиология растений. 2007 / под ред. И.П. Ермакова. М.: «Академия». 640 с.
- Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. 2002. Агрохимия. М.: «Колос». 560 с.
- Brown P. H., Bellaloui N., Wimmer M. A., Bassil E.S., Ruiz J., Hu H., Pfeiffer H., Dannel F., Rmheld V. 2002. Boron in plant biology // Plant Biol. № 4. P. 205-223.

THE INFLUENCE OF THE BORATE COMPLEX ON THE BASIS OF ETHYLENEDIAMINETETRA ACID ON THE SEEDLINGS OF CULTIVATED PLANTS

T.I. Smirnova¹, E.A. Podolian^{2,3}

¹Tver State Agricultural Academy, Tver

²Tver State University, Tver

³All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Tver

We studied the biological activity of boron chelate-based ethylenediaminedisuccinic acid (B-EDDS) in comparison with boric acid (H_3BO_3) and ethylenediaminedisuccinic acid (EDDS) in a laboratory experiment on seedlings of flax and wheat. We found that B-EDDS is characterized by maximum biological activity.

Keywords: *complexonate, ethylenediaminedisuccinic acid, boron, sprouts, wheat, flax.*

Об авторах:

СМИРНОВА Татьяна Ивановна – кандидат химических наук, доцент кафедры агрохимии и земледелия, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», 170904, Тверь ул. Василевского (Сахарово) д. 7, e-mail: tatsmi2013@mail.ru.

ПОДОЛЯН Елена Александровна – младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель; биолог, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (НОЦ «Ботанический сад ТвГУ»), 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: p.e.a.91@outlook.com.

Смирнова Т.И. Влияние боратного комплекса на основе этилендиаминятарной кислоты на проростки культивируемых растений / Т.И. Смирнова, Е.А. Подолян // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2019. № 2(54). С. 159-165.