

# ВЛИЯНИЕ ЛИГНИННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР *LIGNĪNA PREPARĀTU IETEKME UZ GRAUDAUGU SAUSUMIZTURĪBU*

Галина Лебедева<sup>1</sup>, Ина Алсиня<sup>2</sup>, Галина Тельшева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LV Koksnes ķīmijas institūts, Dzērbenes 27, Rīga, LV-1006, Latvija

Tālr.: +(371)7555916, fakss: +(371)7550635, e-pasts: [ligno@edi.lv](mailto:ligno@edi.lv),

<sup>2</sup>Latvijas Lauksaimniecības universitāte, Lielā 2, Jelgava, LV-3001, Latvija

Tālr./fakss: +(371)30 05685, e-pasts: [Ina.Alsina@llu.lv](mailto:Ina.Alsina@llu.lv)

---

**Abstract.** *Basing on model experiments it was found, that lignosilicon compounds (LSi), synthesized in the Institute of the Wood Chemistry on the basis hydrolysis lignin, which has been used as fertilizer and growth activator for the cereals in the microfield and field environments, help plants to adapt for the soil water deficiency. Increase of drought resistance is explained by the plants ability to form the powerful root system on the background of the lignosilicon compound, which provides them with better water supply and nutrition. The weight of aboveground part of oats and wheat after the 15-day water stress experiment exceeded control values for up to 32% and 10% correspondingly. Due to LSi addition aboveground part of oats had better water retention, lesser water deficiency and transpiration intensity. Oats had shown better water retention comparing to control values, wheat – on the same level, as control. In total on the background of LSi wheat and oats revealed higher drought resistance than in the case of lignin application. The most antistress effects were observed for oats.*

**Keywords:** *drought resistance, cereals, lignosilicon compounds*

---

## Введение

Засуха и опустынивание ежегодно приводят к потерям в сельском хозяйстве в мировом масштабе на десятки млрд. долларов. Одним из наиболее эффективных направлений защиты посевов от засухи является усиление естественной засухоустойчивости с/х растений. Ведущие химические компании мира заняты поиском препаратов – усилителей засухоустойчивости. Для решения этой проблемы исследователи уделяют повышенное внимание природным регуляторам роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами, т.к. обладая полифункциональным действием на растения, они не оказывают вредного влияния на почву и окружающую среду [1]. В литературе описано применение в стрессовых ситуациях Si-содержащих соединений. Установлено, что, при внесении в почву Si-содержащих соединений, способных переходить в почвенный раствор, повышается засухоустойчивость растений в результате аккумуляции кремния в мембране клеток эпидермиса листьев, тем самым предохраняя растение от избыточного испарения влаги [2-4].

Лигнокремниевые препараты (LSi), синтезированные в Институте химии древесины на основе древесного гидролизного лигнина и применённые в качестве удобрений и активаторов роста при выращивании злаков в микрополевых и полевых условиях, оказали благоприятное действие на развитие растений (овёс, кукуруза) в засушливые годы [5-7]. Благоприятное действие лигнокремниевых препаратов на развитие растений и на увеличение их продуктивности объяснено переходом в почвенный раствор из LSi веществ, обладающих ауксиноподобной активностью [8] и положительно влияющих на микробиологическую, ферментативную активность почвы и на подвижность в ней макро- и микроэлементов питания [9]. Анализ растительной биомассы и микроскопические исследования срезов стебля зерновых культур [6,7,9] свидетельствуют об увеличении содержания кремния в биомассе и большей степени одревеснённости наружных слоёв стебля при внесении в почву LSi, что способствует лучшей оводнённости стебля, меньшему испарению воды и большей устойчивости

растений к полеганию. Результаты модельных [10] и полевых опытов [5, 7, 11] с зерновыми культурами показали, что LSi на ранних этапах онтогенеза повышает активность ферментной и гормональной систем растений, стимулирует корнеобразование. Способность растений противостоять стрессам связана не только с индукцией биохимических механизмов, но и с наличием у растений мощной корневой системы. Продуктивность овса, пшеницы и других злаковых культур тесно связана с увеличением мощности корневой системы и возрастанием её физиологической активности.

**Цель данной работы** – оценить в условиях модельных опытов влияние лигнинных препаратов, в том числе и содержащего кремний (LSi, 5%Si), на устойчивость тестируемых культур к недостатку влаги в почве.

### Материалы и методы

Лигнинные препараты: гидролизный лигнин (L) и лигнокремниевый препарат на его основе с содержанием кремния 5% (LSi).

Тестируемые культуры: овёс (*Avena sativa*) сорта «Mara» и сорта «Jumbo», яровая пшеница (*Triticum vulgare*) сорта «Bjarne». Выбор культур был обусловлен их различной засухоустойчивостью.

Для оценки активирующего действия LSi на развитие корневой системы растений на ранних этапах онтогенеза поставлен модельный опыт в бумажных «конвертах» с использованием овса сорта «Mara», на котором ранее в полевых условиях в засушливый год был получен хороший урожай зерна при внесении лигнокремниевого препарата совместно с семенами во время сева [12, 13].

#### Опыт в бумажных «конвертах».

Объект исследования: растения овса сорта «Mara».

Опыт проводили в термоблоке при температуре 20-22<sup>0</sup>С, под люминесцентными лампами (освещённость 2500 Lx). Продолжительность эксперимента - 14 дней.

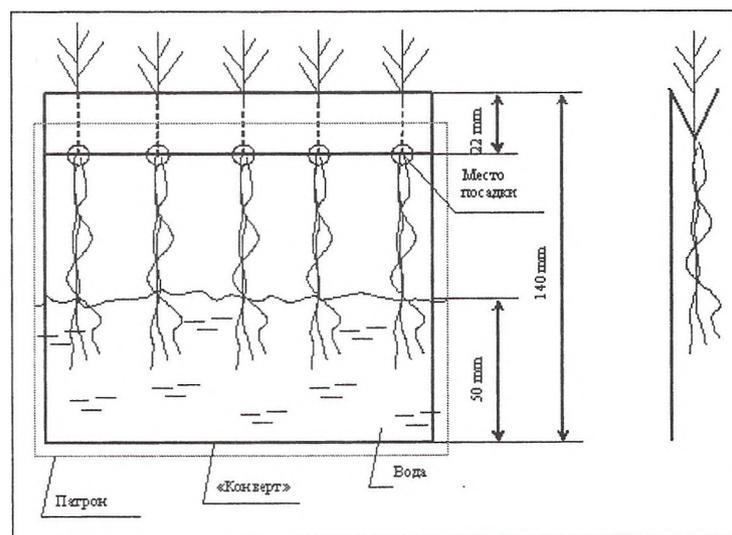


Рис. 1. Бумажный «конверт» в полиэтиленовом патроне, на 1/3 объёма заполненном водой. Модельный опыт

Использовали бумажные «конверты» (рис. 1), сложенные таким образом, чтобы в складку в верхней части «конверта» можно было внести лигнинный препарат, а затем семена. Места сгибов «конверта», в которые помещали семена, имели отверстия (диаметр около 0.1 мм). Ширина «конверта» 12.5 см, длина в сложенном виде – 14.0 см.

Лигнинные препараты вносили в складку бумажного «конверта», помещали сверху 5 семян и бумажный «конверт» вставляли в прозрачный полиэтиленовый патрон. Патроны закрепляли на деревянных штативах и приливали воду (1/3 объёма полиэтиленового патрона).

Доза лигнинных препаратов: 35 мг и 70 мг на 5 семян (масса 5 семян равна 0.085 г), что соответствует внесению на га, соответственно, 80 кг и 160 кг препарата.

Повторность опытов 4-х кратная.

Спектры спиртовых вытяжек из листьев растений снимали на LAMBDA 25, UV/VIS Spektrometer Perkin Eimer instruments.

Корневую систему растений тестировали на калиброванном сканере STD-1600<sup>+</sup> с использованием программы Win Rhizo 2002 C.

#### **Вегетационный эксперимент в 5 л сосудах.**

Объектами исследования являлись растения овса сорта «Jumbo» и яровой пшеницы сорта «Vjagne».

Вегетационный опыт заложен в теплице Елгавского с/х университета в 5 л сосудах Митчерлиха на торфяном субстрате, обогащённом макро- и микроэлементами питания растений. Субстрат: верховой торф, производитель «Laflora», Латвия; pH 5.5, N 100-140 мг/л; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 110-170 мг/л; K<sub>2</sub>O 190-290 мг/л. Исходная влажность субстрата 70%.

Лигнинные препараты: вносили в поверхностный слой субстрата перед посевом семян: 3 г а.с. препарата на 5 л сосуд (эквивалентно 1000 кг/га).

Посев осуществляли сухими семенами – 15 штук на сосуд. Использовали семена из урожая предыдущего года, всхожесть семян: 96-98%. Через 20 дней всходы прореживали и оставляли в сосудах по 10 растений.

Повторность опытов 10-ти кратная.

Температура воздуха в теплице: днём 25±3<sup>0</sup>С, ночью 15±3<sup>0</sup>С и влажность почвенного субстрата поддерживались автоматической системой управления. Влажность измеряли стандартным методом высушивания при 105<sup>0</sup>С. Почву после определения влажности возвращали в сосуды.

Растения овса и пшеницы выращивали при содержании влаги в торфяном субстрате равной, соответственно, 78-80% и 80-82% для фаз развития: кущение (21-22), выход в трубку (31-33) и колошение (52-58).

Искусственную засуху создавали прекращением полива растений в стадии 31-33. Через 15 суток после прекращения полива содержание влаги в субстрате под растениями овса (стадия развития 52-55) и пшеницы (стадия развития 55-58) снизилось в среднем, соответственно, с 78% до 15%, и с 82% до 17%.

Засухоустойчивость растений оценивали по следующим основным параметрам: водоудерживающая способность, интенсивность транспирации и оводнённость.

Определение водоудерживающей способности осуществляли по Арланду [12, стр.67-68].

Интенсивность транспирации определяли весовым методом, основанном на учёте потери воды при испарении с единицы листовой поверхности в единицу времени [13, стр.52-52].

Оводнённость листьев оценивали после высушивания при 105<sup>0</sup>С [14, стр.49].

Дефицит воды определяли по [13, стр.18].

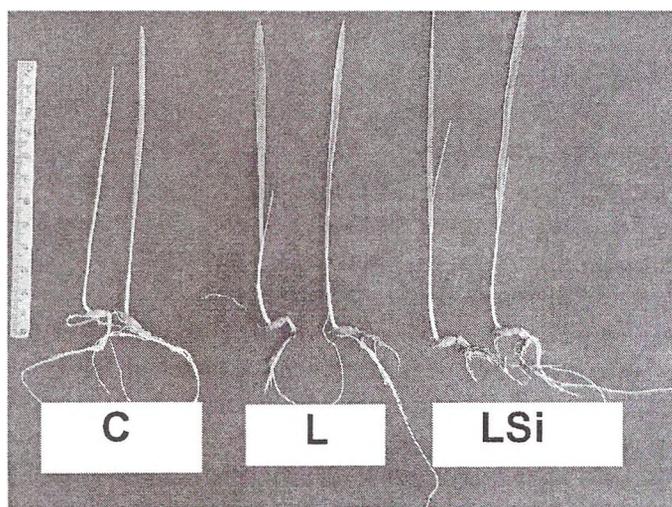
Дефицит относительной относительной тургесцентности (ДОТ) рассчитывали по [13, стр.48-49].

Статистическую обработку результатов проводили по программе *Anova*.

## Результаты и их обсуждение

*Результаты модельного опыта в бумажных «конвертах»* показали, что через 7 дней после начала эксперимента развитие наземной части растений овса в вариантах с лигнинными препаратами не отличалось от контрольного варианта. Корни растений в вариантах с лигнинными препаратами по сравнению с контрольным вариантом были более разветвлёнными и имели больше мелких корней.

Через 14 дней после начала эксперимента отмечено положительное влияние LSi в дозе 35 мг/«конверт» на развитие растений, проявляющееся как в лучшем развитии корневой системы, так и наземной части: листья имели более зелёную окраску, большую площадь листовой пластинки и большую массу, чем в контрольном варианте и варианте с лигнином (рис. 2). У растений на фоне LSi появился второй лист, в то время как в контроле его не было.



**Рис. 2. Влияние лигнинных препаратов (35 мг / «конверт») на развитие растений овса сорта «Мага» через 14 дней после начала эксперимента.**

Для растений овса на фоне LSi 35 мг/«конверт» по сравнению с контролем масса наземной части увеличивалась с 0.46г до 0.61 г и корней с 0.39 г до 0.45 г, соотношение массы наземной части к массе корней с 1.24 до 1.77. Большие дозы лигнинных препаратов (70 мг) не способствовали увеличению массы растения.

Результаты тестирования корневой системы растений на калиброванном сканере показали, что на фоне LSi (35 мг) по сравнению с контролем в 2 раза увеличилось число кончиков корней: с 84 до 176 и количество разветвлений: с 97 до 194. Общая длина корней одного растения увеличилась с 35.7см до 43.4 см, объём корневой системы - с 0.053 см<sup>3</sup> до 0.060 см<sup>3</sup>. На фоне L также увеличилось число кончиков корней (140шт.) и количество разветвлений (177шт.), однако, общая длина осталась на уровне контрольного варианта (34.2см), а объём корневой системы был даже несколько ниже, чем в контроле (0.043 см<sup>3</sup>). Результаты сканирования корневой системы хорошо коррелируются с морфологическими показателями развития растений овса на фоне лигнинных препаратов: L препарат не активировал, а LSi активировал развитие растений на начальных этапах онтогенеза. Анализ спектров спиртовых вытяжек из листьев овса показал, что на фоне LSi по сравнению с контрольным вариантом и вариантом на фоне лигнина увеличилось содержание хлорофилла (665; 616 нм), каротиноидов (434нм) [15,стр.108] и полифенолов (335 нм; 269 нм) [16,стр.163], что свидетельствует об активации фотосинтетических процессов на фоне LSi.

Результаты модельного опыта подтвердили полученные нами ранее данные о стимулирующем действии LSi на растения овса, выращенного на биологическом поле: листья по сравнению с контролем имели более широкую листовую пластинку и более яркую зелёную окраску. Статистически достоверны были различия значений массы наземной части и адсорбирующей поверхности корней в фазе молочной спелости овса. Общая адсорбирующая поверхность корней овса в варианте с 40 кг/га LSi в 4.3 раза превышала контроль [6, 7].

**Результаты экспериментов в 5 л вегетационных сосудах** (таблица 1 и 2) показали, что лигнинные препараты, внесённые в верхний слой торфяного субстрата, обогащённого макро- и микроэлементами питания, не оказали влияния на всхожесть семян овса и яровой пшеницы, которая как и в контроле была на уровне 96-98%.

При **оптимальном водном режиме** до фазы колошения (52-55) различия в развитии наземной части растений *овса* на фоне и без лигнинных препаратов не выявлены.

В фазе колошения масса наземной части овса на фоне L и LSi превышала контроль, соответственно, на 12% и 18%. Для этой фазы развития у растений на фоне L и LSi был меньше дефицит воды и ДОТ. Различия значений перечисленных показателей были статистически достоверны (таблица 1).

Интенсивность транспирации и водоудерживающая способность растений на фоне лигнинных препаратов была на уровне контрольного варианта до фазы колошения.

При **пониженном водообеспечении** проявляется благоприятное действие лигнинных препаратов на развитие растений *овса*. Растения овса в фазе колошения после перенесённого водного стресса на фоне лигнинных препаратов были более зелёные, имели меньше жёлтых и засохших листьев. Масса наземной части в вариантах с L и с LSi превышала контроль, соответственно, на 14% и на 32%. Наземная часть растений в варианте с LSi имела самую высокую оводнённость: содержание воды в листьях составило для LSi, L, и контроля, соответственно, 62.5%, 56.3%, 56.9%, т.е. в варианте с LSi содержание воды в листьях превышало контроль на 10%, в то время как в варианте с L содержание воды было на уровне контроля. Дефицит воды в вариантах с L и LSi был меньше, чем в контроле, соответственно, на 9.1% и 13.3%.

Водоудерживающая способность растений в вариантах с лигнинными препаратами практически одинакова и превышала контроль на 30 %. Интенсивность транспирации на фоне L и LSi была меньше, чем в контроле, соответственно, на 13.5% и 20.8% (таблица 1).

Таблица 1.

**Влияние лигнинных препаратов на показатели водообеспеченности растений овса «Jumbo» в фазе колошения. Посев 12.04.2006.**

Вариант	Масса зелени, сырая г, одно растение	Содержание с.в. в наземной части, %	Водоудерживающая способность, %				Дефицит воды, %	ДОТ, %	Интенсивность транспирации, г/м <sup>2</sup> ·час
			0.5 часа	1.0 час	1.5 часа	2.0 часа			
Фаза развития 52 -55; оптимальное водообеспечение; 02.06.2006.									
C	18.42	15.78	5.70	7.21	8.36	9.57	16.17	16.32	155.24
L	20.60	16.76	5.54	7.61	8.90	10.04	11.70	11.89	154.99
LSi	22.82	15.23	6.54	8.76	9.93	10.90	12.06	12.70	170.33
RS <sub>0.05</sub>	1.118	1.43	0.895	1.392	1.782	2.122	3.027	3.060	24.930
Фаза развития 52 -55; отсутствие полива 15 суток; 02.06.2006.									
C	6.55	43.14	0.92	1.63	2.45	3.16	30.08	30.99	20.24
L	7.46	43.69	0.70	1.15	1.73	2.21	27.34	28.22	17.50
LSi	8.63	37.48	0.52	0.94	1.57	2.19	26.09	27.00	16.01
RS <sub>0.05</sub>	1.123	3.035	0.370	0.606	0.906	1.060	3.219	3.530	3.552

Таким образом, лигнокремниевый препарат по совокупности показателей засухоустойчивости оказал на растения овса антистрессовое действие, большее, чем лигнин.

При **оптимальном водном режиме**, начиная с фазы выхода в трубку, выявлена тенденция увеличения массы наземной части растений **яровой пшеницы** и водоудерживающей способности на фоне лигнинных препаратов. Дефицит воды, ДОТ и интенсивность транспирации были на уровне контроля (таблица 2).

Таблица 2.

**Влияние лигнинных препаратов на показатели водообеспеченности растений яровой пшеницы «Вјагне» в фазе колошения. Посев 12.04.2006 г.**

Вариант	Масса зелени, сырая г, одно растение	Содержание с.в. в наземной части, %	Водоудерживающая способность, %				Дефицит воды, %	ДОТ, %	Интенсивность транспирации, г/м <sup>2</sup> ·час
			0.5 часа	1.0 час	1.5 часа	2.0 часа			
Фаза развития 55 -58; оптимальное водообеспечение; 02.06.2006.									
С	15.67	21.53	3.89	5.00	5.91	6.84	8.60	8.75	138.07
L	15.62	21.54	3.58	4.83	5.61	6.64	12.15	12.41	117.24
LSi	17.87	21.57	4.43	5.31	6.28	6.83	6.29	6.40	132.60
RS <sub>0.05</sub>	3.567	2.014	0.912	0.992	1.052	1.053	2.026	2.211	32.231
Фаза развития 5 -58; отсутствие полива 15 суток; 02.06.2006.									
С	7.04	44.46	0.78	1.14	1.50	1.96	45.27	46.33	49.79
L	7.77	43.21	0.91	1.60	2.12	2.62	42.36	43.52	36.63
LSi	7.75	37.55	1.02	1.64	2.12	2.61	34.74	35.53	29.18
RS <sub>0.05</sub>	1.167	5.433	0.599	0.866	1.022	1.106	8.770	8.950	16.128

В фазе колошения (55-58) на фоне лигнинных препаратов по сравнению с контролем увеличилась масса наземной части растений яровой пшеницы на 10%. Дефицит воды и ДОТ был меньше, чем в контроле только для варианта с LSi, соответственно, на 27.0% и 26.8%. Водоудерживающая способность и интенсивность транспирации растений пшеницы в фазе колошения на фоне лигнинных препаратов были на уровне контрольного варианта.

При **пониженном водообеспечении** проявляется благоприятное действие лигнинных препаратов на развитии растений **яровой пшеницы**, причём более ярко, чем на растениях овса.

Растения пшеницы в фазе колошения, после перенесённого водного стресса на фоне LSi по сравнению с контролем и вариантом L отличались лучшей сохранностью: были более зелёные, имели меньше жёлтых и засохших стеблей и листьев. На фоне LSi растения были почти в 1.2 раза выше, чем в контроле, масса наземной части растений в вариантах с L и LSi превышала контроль на 10%; наземная часть растений в варианте с LSi лучше удерживала воду, чем в варианте с L и в контроле: содержание воды в листьях равно, соответственно, 62.5%, 56.8%, 55.5%. Содержание воды в листьях в варианте с LSi превышало контроль на 12.5%, в то время как в варианте с L было на уровне контроля. Дефицит воды и ДОТ в варианте с LSi был меньше, чем в контроле на 23.3%, в то время как в варианте с L эти показатели были практически на уровне контроля.

Интенсивность транспирации на фоне L и LSi была меньше, чем в контроле, соответственно, на 26.4% и 41.4%.

Водоудерживающая способность растений пшеницы в вариантах с L и с LSi была на уровне контроля (таблица 2).

Таким образом, лигнокремниевый препарат по совокупности показателей засухоустойчивости на растениях пшеницы, также как и на растениях овса показал более сильное антистрессовое действие, чем лигнин.

### Выводы

Результаты модельных опытов показали, что лигнокремниевый препарат помогает растениям зерновых культур адаптироваться к почвенному водному стрессу. Повышение антистрессовой устойчивости обусловлено способностью растений формировать на фоне лигнокремниевого препарата более мощную корневую систему, обеспечивающую лучшее водоснабжение и питание растений. Масса наземной части растений овса и пшеницы, на фоне LSi после 15-ти суточного водного стресса превышала контроль, соответственно, на 32% и 10%.

На фоне LSi наземная часть растений овса и пшеницы лучше удерживала воду, был меньше дефицит воды и интенсивность транспирации. Водоудерживающая способность растений овса была выше, чем в контроле; у растений пшеницы - на уровне контроля.

Лигнокремниевый препарат по совокупности показателей засухоустойчивости на растениях пшеницы, также как и на растениях овса, показал более сильное антистрессовое действие, чем лигнин.

### Summary

Every year drought and desertification leads to milliard dollar agricultural losses in the whole world. One of the most efficient ways of the crops protection is the promotion of their natural drought resistance. The aim of many leading chemical production companies is the research of the compounds, providing this plant ability enhancement. The high attention is being drawn to the natural plant growth regulators with the antistress and immunity protection properties, since they have no negative influence on the soil and environment [1]. It is described in literature, that Si-containing compounds can be used for enhancement of plant resistance towards different stresses. It was found, that placement into the soil of Si-containing compounds, able to be transferred into the soil solution, increases drought resistance due to silicon accumulation in the leaf epidermis cell membranes, which prevents excessive water evaporation.

Lignosilicon compounds (LSi), synthesized in the Institute of the Wood Chemistry on the basis of hydrolysis lignin, which has been used as fertilizer and growth activator for the cereals in the microfield and field environments, has shown favorable influence on the plants development (oats, wheat) in the dry years.

The purpose of current work was to evaluate lignin compounds, including silicon containing ones, on the plants tolerance towards water deficiency in soil on the model experiments basis. The following lignin compounds were used: hydrolysis lignin (L) and the lignosilicon compound, synthesized on its basis (LSi, 5% silicon). The following agricultural cultures were tested: oats (*Avena sativa*), "Mara" brand, spring wheat (*Triticum vulgare*), "Bjarne" brand.

Results of the model experiments in the paper "envelopes" have shown positive influence of the LSi on the aboveground part and root system development of oats after 14 days experiment. Weight of aboveground part has increased from 0.46 g to 0.61 g and roots from 0.39 g to 0.45 g for single plant in average.

Testing of the oats root system using calibrated scanner has shown, that on the background of LSi number of root tips has increased almost twofold, from 84 to 176, and number of forks from 97 to 194 comparing to control. Total root length of the single plant increased from 35.7 cm to 43.4 cm, root system volume – from c 0.053 cm<sup>3</sup> to 0.060 cm<sup>3</sup>.

On the background of L number of root ends (140) and forks (177) increased as well, though total length was on the same level as for control (34.2 cm), and root system volume was even lower (0.043 cm<sup>3</sup>). Scanning results are in good correlation with morphological indices of oats plant development on the background of lignin compounds – L did not activate plants development on the first ontogenesis stages, but LSi did.

The favorable influence of lignin compounds on the oats and wheat was evident at the decreased water supply (no watering for 15 days). At the earing stage oats grown on the background of lignin compounds were greener, had less yellow and withered leaves. Weight of the aboveground part was higher than for control by up to 14% and 32% for L and LSi correspondingly. Aboveground part in the case of LSi had the highest water contents, water contents in leaves was 62.5%, 56.3%, 56.9%, for LSi, L and control correspondingly. This means, that in the case of LSi water content was 10% higher than that for control, though for L it stayed on the same level. Water deficiency in the case of L and LSi was 9.1% and 13.3% lower than in control, correspondingly. Water retention ability was 30% higher in comparison with control for both lignin compounds. Transpiration intensity for L and LSi was 13.5% and 20.8% lower than that for control, correspondingly.

The favorable influence of lignin compounds at the decreased water supply conditions was more prominent for wheat than for oats.

At the earing stage wheat grown on the background of LSi were greener, had less yellow and withered leaves after water stress, than for L and control. At the background of LSi plants were almost 1.2 times taller, than control ones, weight of aboveground part in the case of L and LSi was 10% higher than for control; in the case of LSi aboveground part had better retention that it was found for L and control – water contents in leaves was 62.5%, 56.8% and 55.5% correspondingly. In the case of LSi water contents in leaves was 12.5% higher than for control, but was on the same level for L. Water deficiency and relative turgescence deficiency were 23% less for LSi than for control, but these indices were practically on the control level for L. Transpiration intensity for L and LSi was 26.4% and 41.4% lower than for control, correspondingly.

Thus it has been shown on the model experiment level that lignosilicon compounds help plants to adapt to water stress. Increase of antistress tolerance is explained by the plants ability to form the powerful root system on the background of the lignosilicon compound, which provides them with better water supply and nutrition. The weight of aboveground part of oats and wheat after the 15-day water stress experiment exceeded control values for up to 32% and 10% correspondingly. Due to LSi addition aboveground part of oats had better water retention, lesser water deficiency and transpiration intensity. Oats had shown better water retention comparing to control values, wheat – on the same level, as control. In total on the background of LSi wheat and oats revealed higher drought resistance than in the case of lignin application. The most antistress effects were observed for oats.

#### Литература

1. Прусакова Л.Д., Малеванная Н.Н., Белопухов С.Л., Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами. *Агрохимия*, 2005, № 11, с. 76-86.
2. Воронков М. Г., Зелчан Г. И., Лукевиц Э.Я. Кремний и жизнь. *Биохимия, фармакология и токсикология соединений кремния*. Рига: Зинатне, 1978. 587 с.
3. Алёшин Н.Е. Кремниевое питание риса. *Сельское хозяйство за рубежом*. 1982, №2, с. 9-14.
4. Aston M.J., Jones M.M. A study of the transpiration surfaces of *Avena sterilis* L. var. *algerian* leaves using monosilicic acid as a tracer for water movement. *Planta*. 1976. V. 130. №2. pp. 121-129.
4. Lebedeva G.N., Telysheva G.M. Efficiency of the use of lignosilicon fertilizers and growth activators in cereals cultivation. - In: Proc. 2<sup>nd</sup> Scientific Practical Conference "Earthworms and Soil's Fertility", Vladimir, Russia, March 17-19, 2004, chapter III, pp. 204-207.
5. Telysheva G., Lebedeva G., Dizhbite T., Viesturs U. A prospective product for biological agriculture obtained from the wood chemical processing waste. 2nd World Conference on biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14 May 2004, Rome, Italy, pp.1639-1661.

6. Serģe I., Biteniece G., Teliševa G., Lebedeva G., Lielpetere A. Application of lignosilicon and azotobacterine for biological agriculture. – In: Proc. 4th Intern. Scientific and Practical Conference, Latvia, Rēzekne, June 26-28, 2003, pp.238-243.
7. Telysheva G., Dizhbite T., Lebedeva G., Rossinskaya G., Jurkjane V., Treikale O., Viesturs U., Daugavietis M. Lignin-based soil amendment stimulating phytoremediation. - Acta Biotechnologica, 2002, 22, N1-2, pp.167-173.
8. Telysheva G., Lebedeva G., Dizhbite T., Zaimenko N., Ammosova J., Viesturs U. The use of silicon-containing products for in-situ soil bioremediation.- In: Remediation of Hazardous Waste Contaminated Soils, Section II-3 – Soil Specific Bioremediation Techniques, Marcel Dekker, 2000, pp. 699-727.
9. Лебедева Г., Тельшева Г., Заименко Н. Предпосевная обработка семян лигнокремниевыми удобрениями. – 6. Международная конф. «Регуляторы роста и развития растений в биотехнологиях», Москва, Россия, 26 – 28 июня, 2001 г., с. 106-107.
10. Spārniņa M., Rancāne S., Lebedeva G., Teliševa G.. Lignosilīcija pielietošana bioloģiskā lauksaimniecībā ziemas rudzu sējumos. 5.Starptautiskā zinātniski praktiskā konference “Vide. Tehnoloģija. Resursi“, Latvija, Rēzekne, 2005., 16.-18. jūnijs, 123.-128.lpp.
11. Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды. Под ред. Удовенко Г.В. М.: Колос, 1976. 318 с.
12. Практикум по физиологии растений. Под ред. Третьякова Н.Н. М.: Колос, 1982. 271с.
13. Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям. (Методическое руководство). Л., 1988. 226 с.
14. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П. и др. Методы биохимического исследования растений. Под ред. Ермакова А.И. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
15. Блажей А., Шутый Л. Фенольные соединения растительного происхождения. М.: Мир, 1977. 239 с.