

УДК 58.02

Профессор Г.П. Дудин, директор учебно-опытного поля Н.А. Жилин, старший преподаватель С.С. Гребнева

(ФГБОУ ВПО Вятская ГСХА) кафедра биологии растений, селекции и семеноводства, микробиологии. тел. (8332) 57-43-37

E-mail: zhilin.nickolaj@gmail.com

Professor G.P. Dudin, director of training –experimental field N.A. Zhilin, senior lecturer S. S. Grebneva

(Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education Vyatka State Agricultural Academy) Department of Plant Biology, Plant Breeding, Seed Production, and Microbiology

phone (8332) 57-43-37

E-mail: zhilin.nickolaj@gmail.com

Стимулирующий эффект лазерного красного света, дальнего красного света и карбоната натрия на первоначальных этапах онтогенеза ячменя

The stimulating effect of laser red light, far red light and sodium carbonate at the initial stages of barley ontogenesis

Реферат. Современное экологическое состояние среды и неправильное питание человека причина многих болезней. Правильное питание – это потребление необходимого количества белков, жиров, углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов. Фотосинтез – свойство растений создавать органические вещества из углекислого газа и воды – первоисточник существования, процветания и развития жизни на Земле. Сок проростков ячменя – источник физиологически активного хлорофилла, макро- и микроэлементов, витаминов А, В₂, В₃, В₅, В₆, В₈, Е и К. Известно стимулирующее действие лазерного красного света с длиной волны 638,2 нм (ЛКС) на энергию прорастания, всхожесть семян и продуктивность, урожайность различных сельскохозяйственных культур. Поэтому данные исследования являются актуальными в настоящее время. В результате исследования получено резкое снижение энергии прорастания и всхожести ячменя при замачивании в 1 н растворе карбоната натрия, а также изменения соотношения калий-натриевого баланса в растениях. При этом при снижении концентрации карбоната натрия до 0,1 н раствора наблюдается повышение содержания пигментов у ячменя на седьмые сутки. Подобным стимулирующим эффектом обладает лазерный красный свет. При обработке семян ЛКС в растениях ячменя наблюдается повышенное содержание хлорофилла. Дальний красный свет с длиной волны 754±10 нм является фактором, который вызывает депрессию по данным признакам. Используя данные факторы можно управлять содержанием хлорофилла и натрий-калиевым балансом на первоначальных этапах онтогенеза ячменя в технологии получения ячменного сока или порошка для здорового и правильного питания человека.

Summary. Modern ecological state of the environment and human unhealthy diet cause many diseases. A healthy diet is the one that contains adequate amounts of proteins, fats, carbohydrates, vitamins, macronutrients and micronutrients. Photosynthesis i. e. the process by which plants produce organic compounds from carbon dioxide and water, is the source of life, the source of evolution and proliferation of life forms on the Earth. Thus, the juice made from sprouted barley provides physiologically active chlorophyll, macronutrients and micronutrients, vitamins A, B₂, B₃, B₅, B₆, B₈, E and K. It is well known that light from a red laser with a wavelength of 638.2 nm has a stimulating action on the germination energy, germination ability and productivity of seeds, and on the crop yields. Therefore, this research is of primary importance today. The research result produced a sharp decline in plant vigor and germinating capacity of barley when soaking in 1n sodium carbonate solution, as well as changes in the ratio of potassium-sodium balance in plants. Thus at lower concentrations of sodium carbonate and 0.1 n sodium increasing of pigment content in barley is observed on the seventh day. The red laser light has a similar stimulating action: the chlorophyll content of barley plants increased after the red laser treatment of barley seeds. However, the chlorophyll contents were depressed when the seeds were exposed to far red light with wavelengths of 754±10 nm. Using these factors, one can manage the content of chlorophyll and sodium-potassium balance in the initial stages of barley ontogenesis in the technology of barley juice or the powder for a healthy and proper human diet.

Ключевые слова: проростки ячменя, лазерный красный свет, дальний красный свет, карбонат натрия.

Keywords: barley shoots, laser red light, far red light, sodium carbonate.

© Дудин Г.П., Жилин Н.А., Гребнева С.С., 2014

Проблема здорового питания – одна из самых актуальных в наши дни. Возникновение болезней современности обусловлено нарушением среды обитания и неправильным питанием человека: отравлением почвы, вод, воздуха отходами промышленного производства, особенно тяжелыми металлами, уменьшением содержания в почве жизненно необходимых для человека макро- и микроэлементов – «активаторов жизни», поддерживающих иммунную систему, и организм в целом.

Здоровое питание предусматривает потребление достаточного количества белков, жиров, углеводов, витаминов, макро- и микроэлементов для нормального функционирования организма.

Исследования в данной области ведутся многочисленными учеными в разных направлениях в течение уже долгого времени.

Известно, что растения являются первоисточником существования, процветания и развития жизни на Земле и в первую очередь благодаря их свойству осуществлять фотосинтез. Фотосинтез протекает практически повсеместно на нашей планете, в связи с чем суммарный эффект его колоссален. В процессе фотосинтеза зеленые растения из углекислого газа и воды создают органические вещества, служат источником ценных продуктов питания (зерна, овощей, плодов и т. д.), сырья для промышленности и строительства. В связи с этим на протяжении многих лет японский ученый, владелец большой японской фармацевтической компании – президент Института здоровья им. Хагивара в Японии Йошихиде Хагивара (Yoshihide Hagiwara) исследовал свойства соков более чем 150 разных видов растений. Среди них он выделил ячмень, наряду с пшеницей, как наилучший источник полезных веществ, необходимых организму человека для полноценного роста и развития.

Исследуя биохимический состав высушенного сока проростков ячменя, Хагивара обнаружил, что он содержит в 11 раз больше кальция и в 30 раз больше витамина B₁, чем коровье молоко, в 5 раз больше железа, чем шпинат, в 4 раза больше витамина B₁, чем мука пшеницы, в 7 раз больше витамина C, чем апельсины, богат витамином B₁₂ (80 мкг/100г). Он содержит также витамины A, B₂, B₃, B₅, B₆, B₈, E и K. Чайная ложка высушенного сока содержит около 1г протеина, 8мкг йода, 3,5мкг селена, 870 мкг железа, 62 мкг цинка и других микроэлементов [1].

Сок проростков ячменя является источником органического натрия, необходимого для желудка человека.

Стратегическая роль органического натрия заключается в процессе переваривания пищи, богатой животными белками, сахаром и низким содержанием клетчатки, которыми насыщена пища современного человека. Для переваривания такой пищи (расщепления белков до аминокислот) необходима усиленная секреция желудочного сока (соляной кислоты). Как результат, образовывается остаточное количество соляной кислоты, которая способна разрушать деликатные ткани эпителия желудка и кишечника. Для предотвращения этого организм включает механизмы нейтрализации излишка соляной кислоты, путем усиленного продуцирования органического натрия, в том числе при участии желчи, богатой натрием.

Кроме этого натрий регулирует объем жидкости в клетке и отвечает за кислотно-щелочное равновесие, поддерживает правильный баланс воды в организме.

Многочисленными научными исследованиями, начало которых датируется еще 1936 годом, установлено, что сок 7-дневных проростков ячменя содержит большое количество физиологически активных веществ, таких как витамины, минералы, ферменты и хлорофилл, которые, в общем, составляют основу жизненной энергии молодого ростка [1].

Проростки ячменя - источник физиологически активного хлорофилла. Зеленый пигмент хлорофилл (химическая формула C₅₅ H₇₀₍₇₂₎ O₅₍₆₎ N₄ Mg), благодаря которому осуществляется процесс фотосинтеза, занимает особое место среди составных компонентов растительного сока. Уникальная роль хлорофилла в процессе фотосинтеза обусловлена его способностью поглощать солнечную энергию и передавать ее другим молекулам. Хлорофилл называют плазмой растений.

Сок ячменя содержит до 70 % хлорофилла. По своей химической формуле хлорофилл напоминает гемин (составляющую гемоглобина) крови и играет основную роль в транспорте кислорода. Выявлено положительное влияние хлорофилла на работу таких жизненно важных систем органов человека.

Многочисленными опытами доказано, что хлорофилл блокирует рост и развитие патогенных бактерий и нейтрализует свободные химические радикалы, которые являются промоторами патологических процессов живого организма.

Для увеличения содержания органического натрия и хлорофилла в проростках ячменя используются различные методы и технологии: выбор сорта, питательных сред, температурных и световых факторов, применение современных удобрений и другие.

Поэтому в настоящее время перед исследователями стоит задача разработки условий для получения зеленой массы с наилучшим комплексом необходимых веществ.

В наших исследованиях для достижения максимального улучшения показателей в качестве условий были выбраны карбонат натрия, лазерный и дальний красный свет.

Впервые влияние красного света на прорастании семян обнаружил Harry Borthwick с коллегами в опытах на салате в 1952 году. При облучении семян красным светом, длина волны $\lambda=660$ нм, всхожесть составляла практически 100 %; дальний красный свет, длина волны $\lambda=730$ нм, тормозил реакцию прорастания. При последовательном освещении красным - дальним красным - красным семена прорастают, но если последнюю вспышку света заменить на дальнюю красную, то прорастание замедлялось. Они выдвинули гипотезу, что существует пигмент-рецептор, который обладает свойством «переключаться» при действии внешнего стимула: красного или дальнего красного света [2].

Позднее стимулирующее действие лазерного красного света (ЛКС) на энергию прорастания, всхожесть семян и продуктивность различных культур, отмечено многими авторами на ячмене и других сельскохозяйственных культурах [3, 4]. Кроме того, лазерное излучение в красной области спектра применяют для повышения устойчивости растений к болезням и вредителям, для изменения анатомических структур [5].

Предпосевная обработка семян ЛКС способствует повышению урожайности ячменя [6].

Концентрация Na^+ в ксилемном соке составляет 2-4 % от концентрации в почвенном растворе. В клетках растений поддерживается концентрация калия в цитоплазме на уровне 100-200 мМ, натрия 10-30 мМ. Часто подавление роста большинства культур наблюдается уже при концентрации Na^+ выше 40 мМ. Калий является наиболее распространенным катионом в клетках растений и составляет 6-10 % от сухого веса, участвует в многочисленных функциях, таких как регулирование осмотического и тургорного давления, элек-

трического потенциала мембраны, движения устьиц. Калий регулирует pH в цитозоле, активирует более 50 важнейших ферментов для многочисленных обменных процессов, в том числе фотосинтеза, окислительного метаболизма, синтез белка, и другие, которые не может заменить Na^+ . Таким образом, K^+ имеет важное значение в поддержании оптимального метаболизма клетки [7].

Токсичность Na^+ обусловлена нарушением калийного гомеостаза как в клетке, так и во всем растении. Изучено, что ионы натрия обладают токсическим действием для нормального функционирования флоремы [8].

В нормальных физиологических условиях у растений поддерживается высокий K^+/Na^+ коэффициент. Поддержание концентраций ионов в цитоплазме основывается на балансе входящих и выходящих потоков этого иона. Учитывая, что разность потенциалов на мембране составляет -140 мВ, увеличение внеклеточной концентрации Na^+ создаст большой электрохимический градиент в пользу пассивного транспорта Na^+ в клетку. В настоящее время Na^+ предположительно поступает в растение через ионные каналы с помощью переносчиков [9].

Карбонат натрия (Na_2CO_3) – натриевая соль угольной кислоты. В водном растворе карбонат натрия гидролизуется, это обеспечивает щелочную реакцию среды. В ионной форме, уравнение гидролиза имеет следующий вид:



Приведенные данные свидетельствуют, что красный, дальний красный свет и карбонат натрия оказывают разнообразное и сложное влияние на рост и физиологические процессы растений. Реакции на данные воздействия наблюдаются как на уровне семян, так и вегетирующих растений. Происходит воздействие на отдельные органы и ткани, процессы обмена веществ, роста, дифференцировки и размножения. Влияние сигналов видимого света на содержание гормонов в клетках и тканях растений нарушает процесс репликации ДНК и обуславливает появление мутаций. Актуально изучение реакции семян на предпосевную обработку карбонатом натрия, красным и дальним красным светом в связи с процессами мутагенеза.

Семена ячменя сорта Биос 1 подвергались обработке физическими и химическими факторами.

Воздушно-сухие и замоченные в дистиллированной воде семена облучали лазер-

ным красным излучением и дальним красным светом. В качестве источника лазерного красного света (ЛКС) использовали гелий-неоновый лазер (установка ОКГ-12-1) с длиной волны 632,8 нм. Режим облучения непрерывный, экспозиция 60 минут, плотность мощности луча 0,3 мВт/см².

Дальний красный свет (ДКС) с длиной волны 754±10 нм получали от электрической лампы накаливания через интерференционный светофильтр с применением осветителя ОИ-19, плотность мощности 0,3 мВт/см².

Контроль плотности мощности луча осуществляли с помощью прибора ИПМ-1

Замачивание семян в воде и в растворе карбоната натрия с концентрациями 0,01 н, 0,1 н и 1 н проводились в течение 12 часов при комнатной температуре.

Выбор доз карбоната натрия объясняется тем, что в концентрации 0,1 н калий используется в растворе Кнопа.

Кроме того, большинство растений не могут переносить концентрацию Na⁺ в цитоплазме более 100 мМ [Уео А, 1998, Munns R. 2005].

В опыт включены комплексные варианты, где семена обрабатывали красным и дальним красным излучением, карбонатом натрия. В совместных вариантах карбонат натрия применяли в концентрации 0,1 н. В качестве контроля использовали семена, замоченные в дистиллированной воде.

Схема опыта включает следующие варианты:

1. Контроль (семена, замоченные в дистиллированной воде)
2. Na₂CO₃ – 0,01н
3. Na₂CO₃ – 0,1н
4. Na₂CO₃ – 1н
5. Дист. вода + ЛКС
6. Дист. вода + ДКС
7. Na₂CO₃0,1н + ЛКС
8. ЛКС + Na₂CO₃0,1н
9. Na₂CO₃0,1н + ДКС
10. ДКС + Na₂CO₃0,1н
11. ЛКС + Na₂CO₃0,1н + ДКС
12. ДКС + Na₂CO₃0,1н + ЛКС

Содержание хлорофилла определяли по методу Hartmut K. Lichtenthaler and Claus-Buschmann (2001) в семидневных проростках ячменя. Хлорофилл экстрагировали 100 % ацетоном и определяли с помощью спектрофотометра «ShimadzuUVmini – 1240» (Shimadzu, Япония) [10].

По методике ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» в редакции 23.06.2009 года на двух слоях увлажненной бумаги размером 10х100 см раскладывали одну пробу семян зародышами вниз на расстоянии 2-3 см от верхнего края. Сверху семена накрывали полоской увлажненной бумаги такого же размера, затем полосы неплотно свертывали в рулон и помещали в вертикальном положении в растильню (температура 21-23 °С) с дистиллированной водой. Повторность опыта четырехкратная. Учеты согласно данной методике проводили на третьи сутки (энергия прорастания, длина корешка, длина проростка) и на седьмые сутки (всхожесть, длина корешка, длина проростка). После последних измерений вся масса была передана в ФГУПЦАС «Кировский» для определения сухого вещества в образцах (ГОСТ Р 52838-2007), а также содержания в них калия (ГОСТ 30504-97) и натрия (ГОСТ 30503-97).

Энергия прорастания достоверно была меньше в вариантах замачивания в 1 н растворе Na₂CO₃; ЛКС + Na₂CO₃ 0,1н; 0,1н Na₂CO₃+ ДКС и составляла соответственно 40,00 %, 64,50 %, 63,75 %, в контроле 77,50 %.

Наблюдалась тенденция к снижению длины корешка и coleoptile при увеличении концентрации карбоната натрия. При замачивании в 1 н растворе Na₂CO₃ полностью отсутствовало coleoptile, а длина корешка была в 5,5 раз меньше, чем в контроле. Кроме того во всех вариантах, кроме замачивания в 0,01 н растворе Na₂CO₃ и семян, замоченных в воде + ДКС, отмечено достоверное снижение длины корешка от 0,63 см до 2,26 см. Длина coleoptile была достоверно ниже в вариантах: замачивание в 1 н растворе Na₂CO₃ (coleoptile отсутствовало); 0,1 н Na₂CO₃+ ЛКС (0,16 см); ЛКС + Na₂CO₃ 0,1н (0,14 см); ДКС + Na₂CO₃ 0,1н + ЛКС (0,16 см). Наблюдается тенденция при совместном действии лазерного и дальнего красного света в вариантах ЛКС + Na₂CO₃ 0,1 н + ДКС и ДКС + Na₂CO₃ 0,1 н + ЛКС по увеличению длины корней трехдневных проростков, в отличие от вариантов обработки одним спектром изучаемого света.

На седьмые сутки подтвердилась тенденция того, что максимальная концентрация карбоната натрия оказывает угнетающее действие на прорастание семян ячменя (таблица 1).

Т а б л и ц а 1
Количественные показатели ячменя сорта Биос 1
на седьмые сутки

Вариант	Всхожесть, %	Длина корешка, см	Длина проростка, см
1. Контроль (зам. в дис. воде)	78,50	14,49	11,51
2. Замоч. в 0,01 н раст. Na_2CO_3	76,75	11,95	12,05
3. Замоч. в 0,1 н раст. Na_2CO_3	75,75	13,19	12,32
4. Замоч. в 1 н раст. Na_2CO_3	44,00*	11,40	9,17*
5. Семена замоч. в воде + ЛКС	75,25	12,75	11,81
6. Семена замоч. в воде + ДКС	78,00	14,59	12,08
7. 0,1 н Na_2CO_3 + ЛКС	70,00	13,17	11,95
8. ЛКС + Na_2CO_3 0,1 н	71,00	14,02	11,76
9. 0,1 н Na_2CO_3 + ДКС	67,25	13,78	11,61
10. ДКС + Na_2CO_3 0,1 н	72,50	13,99	10,94
11. ЛКС + Na_2CO_3 0,1 н + ДКС	71,00	13,43	11,36
12. ДКС + Na_2CO_3 0,1 н + ЛКС	69,75	15,09	11,75
НСР 0,95	11,57	4,67	1,50

Примечание * – Существенные различия при НСР 0,95

Существенное снижение всхожести до 44 % отмечено в варианте замачивания в 1 н растворе Na_2CO_3 , в контроле 78,50 %, другие варианты не оказали существенного влияния на всхожесть семян ячменя.

Наибольшая длина корня наблюдалась в варианте ДКС + Na_2CO_3 0,1 н + ЛКС и составила 15,09 см, в контроле 14,49 см; наибольшая длина проростка - в варианте замачивания в 0,1 н растворе Na_2CO_3 (12,32 см), в контроле 11,51 см. Существенное снижение длины проростка на 2,34 см произошло в варианте замачивания в 1 н растворе Na_2CO_3 .

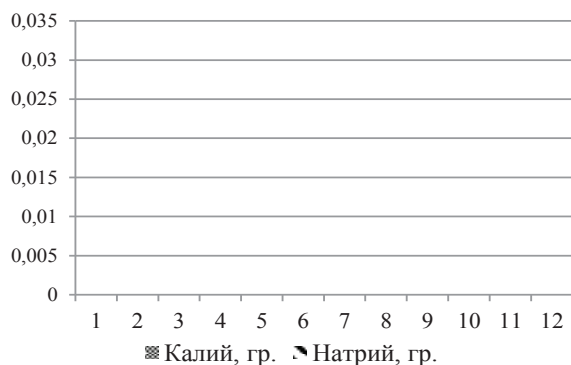


Рисунок 1. Содержание калия и натрия в сухом веществе семидневных проростков ячменя

По данным анализа ФГУПЦАС «Кировский» был построен график содержания калия и натрия в 7 дневных проростках ячменя (рисунок 1).

В контроле примерно стандартное соотношение K^+/Na^+ , то есть 2 к 1. При увеличении концентрации происходит постепенное замещение натрием калия и в 4 варианте (замачивание в 1 н растворе Na_2CO_3), при максимальной концентрации Na_2CO_3 соотношение K^+/Na^+ меняется и становится 1 к 2. При рассмотрении 5 и 6 вариантов можно сделать вывод о том, что ЛКС и ДКС стимулируют прорастание семян, при этом сохраняется соотношение между K^+ и Na^+ , но уменьшается их содержание в проростках.

При рассмотрении комплекса вариантов 3, 7, 8, 9 и 10 наблюдается тенденция к снижению содержания калия в вариантах с обработкой ДКС сухих семян и последующем замачивании в растворе Na_2CO_3 . Данную закономерность можно объяснить тем, что обработка ДКС, вероятнее всего, нарушает каналы, отвечающие за вынос калия из клетки, при этом обработка лазерным светом наоборот способствует большему поступлению натрия.

Таким образом, при увеличении концентрации Na_2CO_3 происходит накопление Na^+ в проростках ячменя и уменьшение концентрации K^+ . Обработка лазерным и дальним красным светом на первоначальных этапах приводит к замедлению ростовых процессов, а при дальнейшем замачивании в растворе карбоната натрия, еще больше затормаживает процесс прорастания семян.

Полученное значение в контроле (таблица 2) соответствует содержанию хлорофиллов а и b в мкг на грамм сырой массы или на единицу площади листа.

Т а б л и ц а 2
Качественные показатели ячменя сорта Биос 1
на седьмые сутки в лабораторном опыте,
гр. на мг сухой массы

Вариант	Содержание хлорофилла а	Содержание хлорофилла b	Содержание каротина $\lambda=470$
1	2	3	4
1. Контроль (зам. в дис. воде)	31,22	7,54	5,03
2. Замоч. в 0,01 н раст. Na_2CO_3	31,63	8,59	5,31
3. Замоч. в 0,1 н раст. Na_2CO_3	39,83*	11,52*	6,16*
4. Замоч. в 1 н раст. Na_2CO_3	27,17	8,05	5,11
5. Семена замоч. в воде + ЛКС	36,81*	11,09*	5,98*
6. Семена замоч. в воде + ДКС	27,83	7,79	4,09*
7. 0,1 н Na_2CO_3 + ЛКС	27,03	9,70*	4,06*

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
8. ЛКС + Na ₂ CO ₃ 0,1н	30,09	8,60	4,51
9. 0,1н Na ₂ CO ₃ + ДКС	28,97	8,37	4,66
10. ДКС + Na ₂ CO ₃ 0,1н	25,68*	8,48	4,74
11. ЛКС + Na ₂ CO ₃ 0,1н + ДКС	29,94	8,74	4,97
12. ДКС + Na ₂ CO ₃ 0,1н + ЛКС	25,68*	4,44*	4,44
НСР _{0,95}	5,48	2,13	0,94

Примечание * – Существенные различия при НСР 0,95

Достоверное повышение суммарного содержания каротиноидов у растений проявляется при замачивании в 0,1 н растворе Na₂CO₃ в течение 12 часов, а так же при замачивании в дистиллированной воде на протяжении 12 часов с последующим облучением лазерным красным светом с экспозицией 60 минут. Достоверное снижение содержания хлорофилла а происходило в варианте ДКС + Na₂CO₃ 0,1 н на 5,54 г и ДКС + Na₂CO₃ 0,1 н + ЛКС на 5,54 г, в контроле 31,22 г на мг сухой массы.

Предполагается, что наиболее важными причинами снижения активности светособирающего комплекса II в присутствии повышенных концентраций соли являются изменение структуры белков реакционного центра. Достоверное снижение содержания хлорофилла b отмечалось в варианте ДКС + Na₂CO₃

0,1 н + ЛКС на 3,1 г на мг сухой массы. Достоверное снижение каротина отмечено в вариантах замачивания в воде + ДКС на 0,94 г и 0,1 н Na₂CO₃+ ЛКС на 0,97 г на мг сухой массы.

Таким образом, 1 н концентрация Na₂CO₃ оказывает существенное влияние на развитие растений ячменя на ранних этапах онтогенеза, резко снижая энергию прорастания, всхожесть, длину корней и листьев. Кроме того, на седьмые сутки отмечено кардинальное изменение соотношения K⁺/Na⁺ в растениях. 0,1 н концентрация карбоната натрия достоверно повышала суммарное содержание каротиноидов у растений ячменя на 7 сутки.

Таким образом, можно управлять содержанием хлорофилла и натрия, а также другими полезными для человека веществами, воздействуя карбонатом натрия, ДКС и ЛКС. Причем, сочетая данные факторы друг с другом в разной последовательности и с разной концентрацией, можно достичь как положительного, так и отрицательного эффекта. 0,1 н раствор карбоната натрия и ЛКС могут быть использованы для повышения содержания хлорофилла и органического натрия на первых этапах онтогенеза ячменя в технологии получения ячменного сока или порошка для здорового и правильного питания человечества.

ЛИТЕРАТУРА

1 Уникальные целебные свойства сока ростков пшеницы и ячменя [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://you-life.info/index.php?option=com_mtree&task=viewlink&link_id=79.

2 Borthwick H.A., Hendricks S.B., Parker M.W., Toole E.H. et al. A reversible photoreaction controlling seed germination // Proceedings of the National Academy of Sciences USA. 1952. V. 38. P. 662-666.

3 Кривошеина О.С., Дудин Г.П. Мутагенное действие излучения гелий-неонового лазера и дальнего красного света на ячмень сорта Зазерский 85 // Сельскохозяйственная наука Северо-Востока европейской части России. 1995. Т. 1. С. 123-129.

4 Hernandez A.C., Carballo C.A., Cruz-Orea A., San M.M.E. et al. Photoacoustic spectroscopy applied to the study of the influence of laser irradiation on corn seeds // J. Phys. France. EDP Sciences, Les Ulis. 2005. V. 125. P. 853-855.

5 Габова О.Н. Создание исходного материала для селекции ярового ячменя с использованием лазерного излучения, гибберелловой и абсцизовой кислот: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2002. 26 с.

6 Калимулин А.Н., Неленов Н.А. О предпосевном стимулировании семян яровых зерновых культур // Агро XXI. 1999. № 7. С. 21-23.

7 Munns R.A. Genes and salt tolerance: bringing them together // New Phytologist. 2005. V. 167. P. 645-663.

8 Takahashi R., Nishio T., Ichizen N., Takano T. Cloning and functional analysis of the K⁺ transporter, PhaHAK2, from salt-sensitive and salt-tolerant reed plants // Biotechnology Letters. 2007. V. 29. P. 501-506

9 Алехина Н.Д., Балнокин Ю.В., Гавриленко В.Ф. и др. Физиология растений. М.: Академия, 2007. 640 с.

10 Hartmut K. L., Claus B. Germany Chlorophylls and Carotenoids: UV-VIS Spectroscopy F4.3.8 Supplement 1 // Current Protocols in Food Analytical Chemistry. 2001. P. F4.3.1-F4.3.8.

REFERENCES

1 Unikal'nye tselebnye svoistva sokov rostkov pshenitsy i iachmenia [Unique healing properties of the juice of wheat germ and barley]. Available at: http://you-life.info/index.php?option=com_mtree&task=viewlink&link_id=79. (In Russ.).

2 Borthwick H.A., Hendricks S.B., Parker M.W., Toole E.H. et al. A reversible photoreaction controlling seed germination. Proceedings of the National Academy of Sciences USA, 1952, vol. 38, pp. 662-666.

3 Krivosheina O. S., Dudin G. P. Mutagenic action of radiation of helium-neon laser and far red light on barley varieties Zasursky 85. Sel'skokhoziaistvennaia nauka Severo-Vostoka evropeiskoi chaste Rossii. [Agricultural science North-East of European part of Russia], 1995, vol. 1, pp. 123 – 129. (In Russ.).

4 Hernandez A.C., Carballo C.A., Cruz-Orea A., San M.M.E. et al. Photoacoustic spectroscopy applied to the study of the influence of laser irradiation on corn seeds. J. Phys. France. EDP Sciences, Les Ulis, 2005, vol. 125, pp. 853-855.

5 Gabova O. N. Sozdanie iskhodnogo materiala dlia selektsii iachmenia s ispol'zovaniem lazernogo izlucheniia, gibberellovoi i abstsizovoi kislot. Avtoref. diss. kand. boil. nauk [Create source

material for breeding of spring barley using laser radiation, gibberellic and abscisic acid. Cand. boil. sci. diss. abstr.], Moscow, 2002. 26 p. (In Russ.). Kalimulin A. N., Nemenov N. A. About preposi by stimulation of seeds of spring crops. *Agro XXI*. [Agro XXI], 1999, no. 7, pp. 21-23. (In Russ.).

6 Munns R.A. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*, 2005, vol. 167, pp. 645-663.

7 Takahashi R., Nishio T., Ichizen N., Takano T. Cloning and functional analysis of the K⁺ transporter, PhaHAK2, from saltsensitive and salt-tolerant reed plants. *Biotechnology Letters*, 2007, vol. 29, pp. 501-506

8 Alekhina N.D., Balnokin Iu.V., Gavrilenko V.F. et al. Fiziologiya rastenii [Plant physiology], Moscow, Akademiia, 2007. 640 p. (In Russ.).

9 Hartmut K. L., Claus B. Germany Chlorophylls and Carotenoids: UV-VIS Spectroscopy F4.3.8 Supplement 1. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 2001, pp. F4.3.1-F4.3.8.