

АГРОИНЖЕНЕРИЯ

4.3.1 Технологии, машины и оборудование
для агропромышленного комплекса

Научная статья
УДК 631.363:636.086.5
doi: 10.28983/asj.y2024i12pp188-195

**Результаты экспериментальных исследований установки
для проращивания зерна**

Юрий Васильевич Саенко, Михаил Сергеевич Широков

Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина, Белгородская обл., пос. Майский, Россия

e-mail: yuriy311300@mail.ru

Аннотация. Проведены исследования, направленные на проращивание зерна при помощи предложенной модульной установки. Приведена разработанная установка для проращивания зерна с целью последующего производства витаминных кормовых добавок. Для увлажнения зерна предлагается подавать воду в емкости затоплением, обеззараживание воды осуществлять путем ультрафиолетового облучения. Выбраны критерии оптимизации, которые характеризуют рабочий процесс установки для проращивания зерна. При проведении отсеивающих экспериментов выявлены факторы, оказывающие наибольшее влияние на выбранные критерии оптимизации. Приведены результаты экспериментальных исследований по определению влияния длительности замачивания зерна и длительности освещения на скорость роста и энергоёмкость проращивания зерна. Записаны уравнения регрессии энергоёмкости и скорости проращивания зерна. Представлены экспериментальные зависимости скорости проращивания зерна от продолжительности освещения и продолжительности замачивания, энергоёмкости проращивания зерна от продолжительности освещения и продолжительности замачивания. Определены: наибольшая скорость прорастания зерна $V_m = 1600–1650$ г/сут.; производительность предложенной установки 4,806 кг/сут.; минимальная энергоёмкость проращивания зерна $\mathcal{E}_n = 65–70$ Вт ч/кг получена при продолжительности освещения $T_1 = 6,5–7,0$ ч/сут., продолжительности замачивания зерна $T_2 = 6,0–6,5$ ч/сут.

Ключевые слова: проращивание зерна; замачивание зерна; освещение зерна

Для цитирования: Саенко Ю. В., Широков М. С. Результаты экспериментальных исследований установки для проращивания зерна // Аграрный научный журнал. 2024. № 12. С. 188–195. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i12pp188-195>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

**The results of experimental studies
of the grain germination plant**

Yuri V. Saenko, Mikhail S. Shirokov

Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, Belgorod region, Maysky, Russia

e-mail: yuriy311300@mail.ru

Abstract. Studies have been conducted aimed at germination of grain using the proposed modular installation. The article presents a developed grain germination plant for the subsequent production of vitamin feed additives. The water should be supplied to the grain by flooding to moisten the grain, and water disinfection is carried out by its ultraviolet irradiation. Optimization criteria have been selected that characterize the workflow of the grain germination plant. When conducting screening experiments, the factors that have the greatest impact on the selected optimization criteria were revealed. The results of experimental studies to determine the effect of the duration of grain soaking and the duration of illumination on the growth rate and energy intensity of grain germination are presented. The regression equations of energy intensity and grain germination rate are written down. The experimental dependences of the grain germination rate on the duration of illumination and the duration of soaking, the energy intensity of grain germination



on the duration of illumination and the duration of soaking are presented. The following were determined: the highest grain germination rate $V_m = 1600\text{--}1650$ g/day; the productivity of the proposed installation is 4.806 kg/day; the minimum energy consumption of grain germination $E_p = 65\text{--}70$ Wh/kg was obtained with an illumination duration per day $T_1 = 6.5\text{--}7.0$ h, the duration of grain soaking per day $T_2 = 6.0\text{--}6.5$ h.

Keywords: grain germination; grain soaking; grain illumination

For citation: Saenko Yu. V., Shirokov M. S. The results of experimental studies of the grain germination plant. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(12):188–195. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i12pp188-195>.

Введение. Деятельность государства направлена на импортозамещение в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в сельском хозяйстве, в отраслях животноводства и птицеводства. Уровень фактической продуктивности животных и птицы на сегодняшний день ниже генетического потенциала [5]. Одна из причин – кормление фуражным зерном в неподготовленном, несбалансированном виде.

Свиней и птицу на комплексах кормят комбикормами [5, 6], которые состоят из размолотого зерна, витаминов, макро- и микроэлементов. В условиях запрета на ввоз кормовых добавок из-за рубежа происходит повышение цен и наблюдается их дефицит. Простым способом насыщения натуральными витаминами комбикорма является добавление в него пророщенного зерна [3, 6, 13]. Для обеспечения прорастания зерна необходимо обеспечить его увлажнение и полную темноту, а затем через 2 сут. начать подавать освещение, а далее чередовать темноту и освещение. Для увлажнения предлагаем подавать воду к зерну снизу и осуществлять его затопление. Освещение можно осуществлять лампами, расположенными сверху над емкостями [2, 5, 10]. Для обеспечения проращивания осуществляют чередование затопления зерна на решетках и осушение, а также включение и выключение ламп. Необходимо определить оптимальные режимные параметры процесса проращивания зерна.

По данным специалистов, пророщенное зерно в 6–8 раз дешевле витаминной травяной муки и в 5–6 раз – комбикорма. В теплое время года на проращивание зерна требуются незначительные затраты. Однако большая часть территории России значительную часть года характеризуется суровыми климатическими условиями. В связи с этим зерно необходимо проращивать в обогреваемых помещениях с искусственным освещением. Поэтому возникла необходимость в разработке средств механизации для проращивания зерна, которые снизят расход воды, электроэнергии, а также затраты ручного труда. Кроме того, пророщенное зерно является экологически чистой витаминной кормовой добавкой. Таким образом, необходимо разработать средства механизации, которые позволят проращивать зерно независимо от времени года.

Целью исследования является выявление влияния длительности освещения и длительности замачивания зерна на энергоемкость процесса и скорость проращивания с использованием предложенной установки.

Материалы и методы. Проведение факторного эксперимента по проращиванию зерна с использованием предложенной установки, обеспечивающей подведение воды путем затопления и освещения различными типами ламп.

Для выполнения факторных экспериментов разработали и изготовили установку для проращивания зерна. Установка обеспечивает возможность обеззараживания зерна в растворе марганцовки, обеззараживания воды ультрафиолетовым облучением, подачи к зерну воды подтоплением и последующего ее слива, механической очистки воды, принудительной циркуляции воды, подогрева воды, освещения зеленых ростков зерна, барботирования зерна.

Новизна конструкции предложенной установки для проращивания подтверждена патентами на изобретение [9, 11].

На рисунке 1 представлена схема установки для проращивания зерна.

Предложенная установка для проращивания зерна представляет собой три емкости, размещенных на остовах и соединенных между собой трубопроводами. В одной емкости производят накопление воды, ее подогрев. Две другие емкости расположены в два яруса – одна над другой. В этих емкостях осуществляют проращивание зерна.

Особенность установки состоит в том, что для увлажнения воду на зерно подают затоплением, то есть снизу заполняют емкость, а зерно находится на сетке. Движение воды осуществляют при помощи насоса снизу-вверх, а последующее стекание воды вниз производят за счет открытия



кранов. При движении воды ее очищают от механических примесей при помощи фильтров [1, 10]. В предложенной установке обеззараживание воды осуществляют при помощи ультрафиолетовой лампы. Для подачи воздуха в воду предусмотрен барботер. Температуру воды поддерживают за счет использования трубчатого электронагревателя (ТЭН).

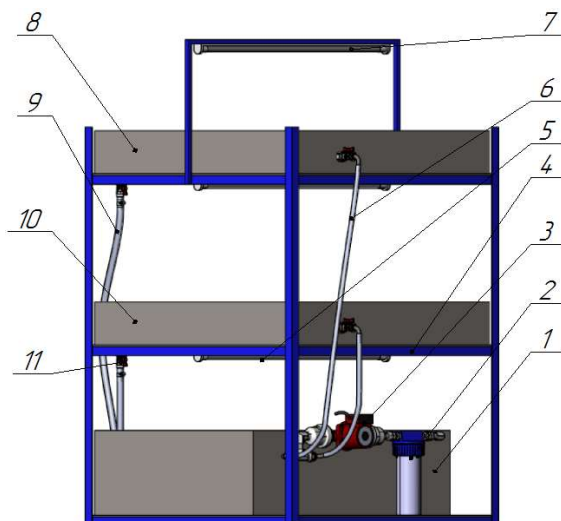


Рисунок 1 – Установка для проращивания зерна:

1 – емкость для воды; 2 – фильтр; 3 – насос; 4 – остов; 5 – лампа осветительная; 6 – труба для подачи воды; 7 – лампа осветительная; 8 – емкость для проращивания зерна верхняя; 9 – труба для слива воды; 10 – емкость для проращивания зерна нижняя; 11 – кран

Figure 1 – Grain germination plant:

1 – water tank; 2 – filter; 3 – pump; 4 – frame; 5 – illumination lamp; 6 – water supply pipe; 7 – illumination lamp; 8 – upper grain germination tank; 9 – water drain pipe; 10 – lower grain germination tank; 11 – tap

Работа предложенной экспериментальной установки (рисунок 2) осуществляется следующим образом. Нижнюю емкость наполняют водой. Зерно для проращивания размещают на сетках, расположенных в верхней и средней емкостях. Для обеспечения подачи воды в емкости для проращивания применяют насос. Перед подачей воды в насос она проходит очистку от примесей в проточном фильтре. Воду в емкости для проращивания добавляют до полного погружения зерна. Затем зерно выдерживают некоторое время в воде с учетом матрицы планирования эксперимента. После чего открывают кран и по сливному шлангу производят слив воды в нижнюю емкость. Зерно замачивают в воде в течение 6–10 ч. Далее осуществляют слив воды и выдерживают зерно на воздухе в течение 6–10 ч. Первые 2 суток увлажнение зерна осуществляют в темноте. После слива воды добавляют освещение на период 6–10 ч. Указанные технологические операции повторяют в течение 5 суток. После чего снимают решетка с пророщенным зерном.

Техническая характеристика предложенной установки для проращивания зерна представлена в таблице 1.

При проращивании ячменя не было выявлено загнившего зерна, отсутствовал неприятный запах. Всхожесть зерна составила 90–92 %. Пророщенная зерновка имела естественный желтоватый цвет, росток – зеленый цвет.

Таблица 1 – Техническая характеристика предложенной установки для проращивания зерна

Table 1 – Technical characteristics of the proposed grain germination plant

Показатели	Значения
Габаритные размеры, мм	1000×1000×1600
Рабочая площадь верхней и нижней емкости, м ²	0,89 + 0,89 = 1,78
Марка и мощность ламп, Вт	1. Светильник для растений GAUSS Fito 8 Вт 220 lm 175-265V IP20 561×25×37 мм, фиолетовый спектр LED 1/25 130411908 2. Линейный светильник ЭРА LED LLED-01-08W-6500-W Б0033304
Мощность циркуляционного насоса, Вт	72
Суточное энергопотребление, кВт·ч	0,228
Производительность установки, кг/сут.	4,806
Масса установки, кг	58



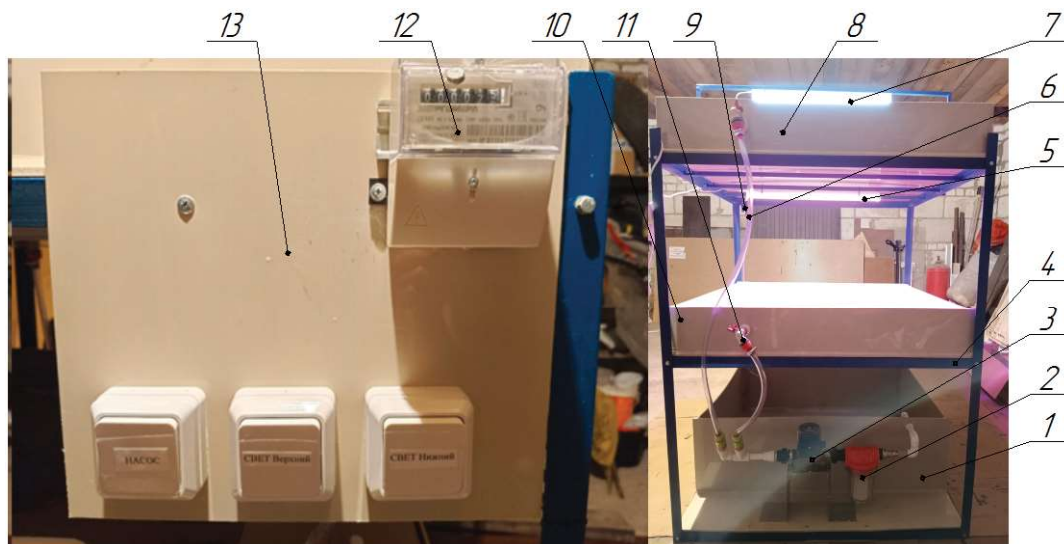


Рисунок 2 – Экспериментальная установка для проращивания зерна:

1 – емкость для воды; 2 – фильтр; 3 – насос; 4 – остов; 5 – лампа осветительная; 6 – труба для подачи воды; 7 – лампа осветительная; 8 – емкость для проращивания зерна верхняя; 9 – труба для слива воды; 10 – емкость для проращивания зерна нижняя; 11 – кран; 12 – счетчик электроэнергии; 13 – панель управления

Figure 2 – Experimental grain germination plant:

1 – water tank; 2 – filter; 3 – pump; 4 – frame; 5 – illumination lamp; 6 – water supply pipe; 7 – illumination lamp; 8 – upper grain germination tank; 9 – water drain pipe; 10 – lower grain germination tank; 11 – tap; 12 – electricity meter; 13 – control panel

В качестве критериев оптимизации определены энергоемкость проращивания зерна, Вт·ч/кг, а также скорость проращивания зерна, кг/сут. [5, 8, 12].

Выполним расчет энергоемкости проращивания зерна по формуле

$$W_{yД} = \frac{\sum P t}{m_2 - m_1}, \quad (1)$$

где P – мощность электропотребителей, кВт; t – продолжительность работы электропотребителей, ч; m_1 – масса зерна до проращивания, кг; m_2 – масса пророщенного зерна, кг.

Скорость проращивания зерна можно определить с помощью равенства

$$V_m = \frac{m_2 - m_1}{t_{пр}}, \quad (2)$$

где $t_{пр}$ – продолжительность проращивания зерна, ч.

При проращивании зерна с использованием предложенной установки потребление электроэнергии измеряли с помощью электрического счетчика «Энергомера СЕ 101 R5.1». Массу пророщенного зерна измеряли с помощью весов Vitek 2406 BW. Напряжение в сети измеряли с использованием токоизмерительных клещей ИЕК 266. Температуру воздуха измеряли с помощью метеостанции Thermo hygrometer DC 105. Температуру воды измеряли с использованием температурного датчика с измерительным модулем ОВЕН ТРМ-1. Включение и выключение ламп и циркуляционного насоса задавали с использованием реле времени ОВЕН УТ-24.

Для прорастания зерна необходимо обеспечить подачу влаги и света. Поэтому влияющие факторы разделим на две группы. Факторы первой группы: температура воды, температура воздуха, продолжительность замачивания зерна, способ подачи воды к зерну. Факторы второй группы: продолжительность освещения, спектр света, интенсивность излучения.

В ранее выполненных экспериментах определили оптимальные значения некоторых факторов, принятых за постоянные. К ним отнесли температуру воды, температуру воздуха, способ подачи воды к зерну, спектр света, интенсивность излучения. В настоящей работе представили результаты проведенных экспериментов по влиянию на энергоемкость и скорость



проращивания зерна продолжительности освещения зерна и продолжительности замачивания зерна.

Блок-схема критериев оптимизации и воздействующих факторов предложенной установки для проращивания зерна представлена на рисунке 3 [2, 5, 7, 10].

Эксперименты по выявлению влияния факторов на функции отклика проводили в соответствии с матрицей. Значения факторов фиксировали на трех уровнях.

Факторы, влияющие на скорость и энергоёмкость проращивания зерна с использованием предложенной установки, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Факторы, влияющие на скорость и энергоёмкость проращивания зерна

Table 2 – Factors affecting the speed and energy intensity of grain germination

Обозначение	Наименование фактора	Уровни варьирования факторов			Интервал варьирования факторов
		-1	0	1	
X_1	Продолжительность освещения зерна, T_1 , ч/сут.	6	8	10	2
X_2	Продолжительность замачивания зерна, T_2 , ч/сут.	6	8	10	2

Эксперименты по проращиванию зерна осуществляли с использованием предложенной установки. Температура воздуха $T_{\text{воз}}$ составляла 19 °С, температура воды $T_{\text{вод}}$ составляла 15 °С. Освещение зеленых ростков осуществляли светильником для растений GAUSS Fito 8 Вт 220 lm 175-265 В. Значения этих факторов получены при проведении отсеивающих экспериментов. При проведении основных экспериментов их не меняли и приняли за постоянные.

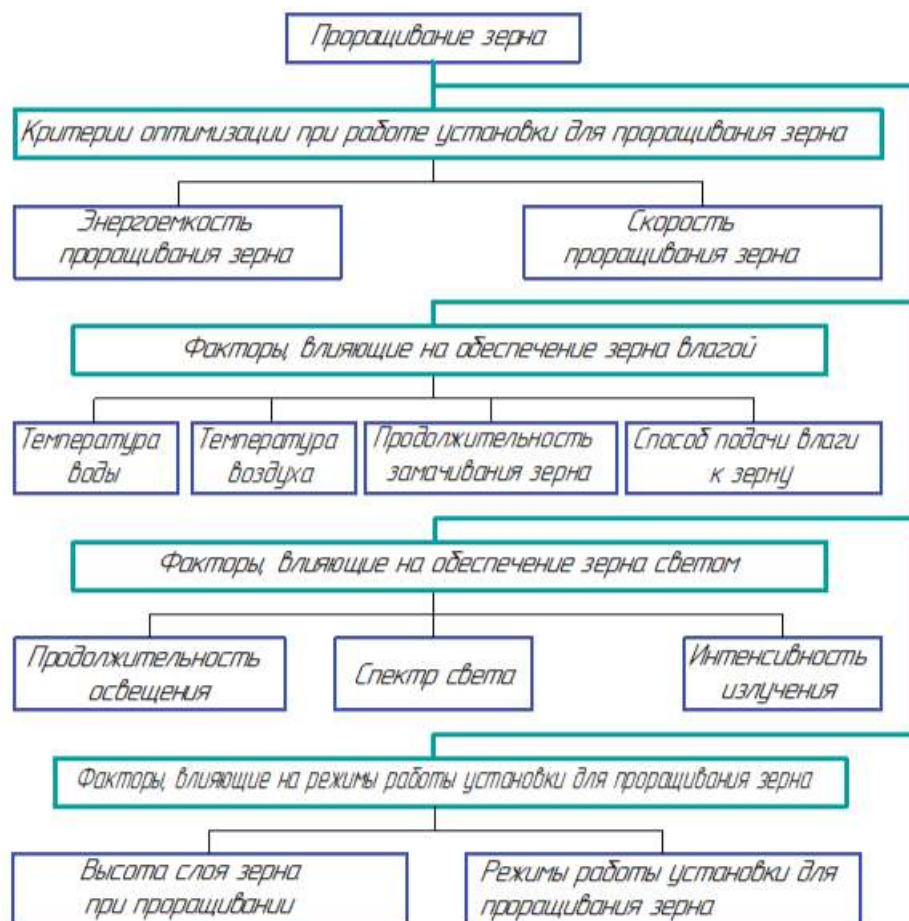


Рисунок 3 – Блок-схема критериев оптимизации и воздействующих факторов работы установки для проращивания зерна

Figure 3 – Block diagram of optimization criteria and influencing factors of grain germination plant operation



Результаты исследований. С учетом проведенных исследований были получены результаты, отражающие взаимосвязь продолжительности освещения и продолжительности замачивания пророщенного зерна с энергоемкостью и скоростью проращивания с использованием предложенной установки.

Уравнение регрессии энергоемкости проращивания зерна представим в виде

$$\Xi_{\Pi} = -123,52 + 25,29T_1 + 16,25T_2 - 0,29T_1^2 - 1,09T_1T_2 - 0,49T_2^2. \quad (3)$$

Рассчитав коэффициент корреляции, определили, что значение составило $R = 98 \%$.

Адекватность полученной модели оценивали по критерию Фишера: $F_p = 32,02 > F_{\text{ТАБЛ}} = 2,95$. Сравнение расчетного F_p и табличного $F_{\text{ТАБЛ}}$ критерия Фишера позволяет определить, что предложенная математическая модель адекватна, коэффициенты уравнения регрессии значимы, результаты проведенных экспериментальных исследований достоверны.

Поверхность отклика энергоемкости проращивания зерна от продолжительности замачивания и продолжительности его освещения приведена на рисунке 4.

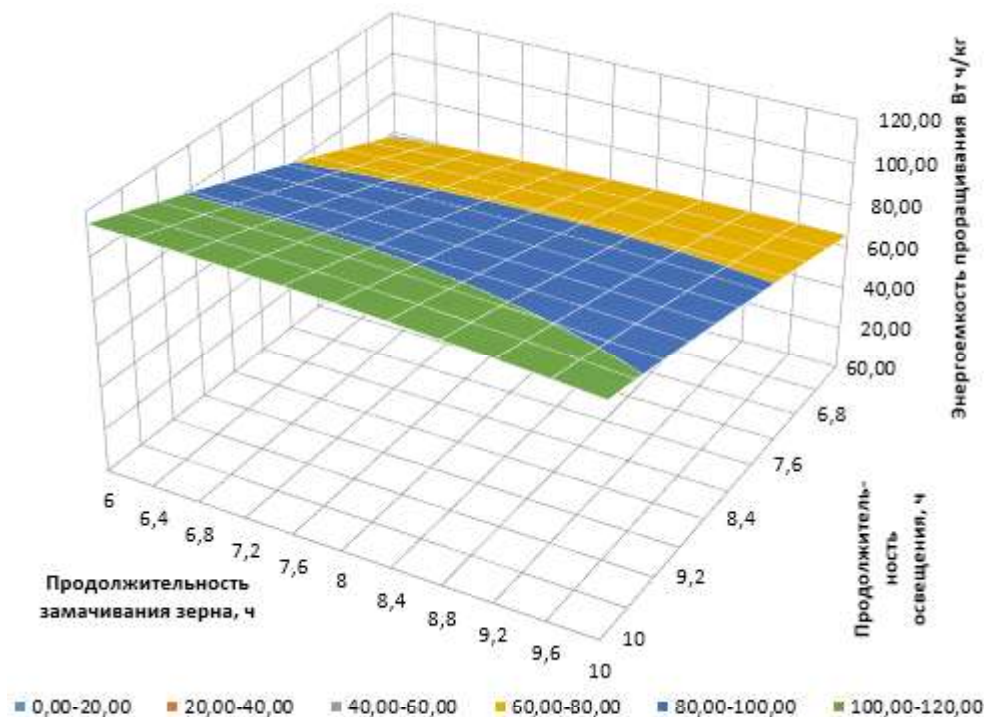


Рисунок 4 – Поверхность отклика энергоемкости проращивания зерна от продолжительности замачивания и продолжительности его освещения

Figure 4 – The surface of the response of the energy intensity of grain germination from the duration of soaking and the duration of its development

Провели анализ полученной поверхности отклика и установили, что наименьшая энергоемкость проращивания зерна Ξ_{Π} с использованием предложенной установки составила 65–70 Вт·ч/кг и может быть получена при продолжительности освещения $T_1 = 6,5–7,0$ ч/сут., продолжительности замачивания зерна $T_2 = 6,0–6,5$ ч/сут.

Освещение зеленых ростков осуществляли светильником для растений GAUSS Fito 8 Вт 220lm 175-265 В при температуре воздуха 19 °С.

Уравнение регрессии, учитывающее скорость проращивания зерна как функцию отклика, можно записать следующим образом:

$$V_m = 3141,11 - 304,17T_1 - 62,5T_2 + 12,08T_1^2 + 8,125T_1T_2 - 0,417T_2^2, \quad (4)$$

При расчете коэффициента корреляции уравнения регрессии получили значение $R = 88,6 \%$.

Адекватность полученной модели оценивали, применив критерий Фишера: $F_p = 4,66 > F_{\text{ТАБЛ}} = 2,95$. Сравнение расчетного и табличного критерия Фишера позволяет определить, что предложенная математическая модель адекватна, коэффициенты уравнения регрессии значимы, результаты проведенных экспериментальных исследований достоверны.



Поверхность отклика скорости проращивания зерна от продолжительности замачивания и продолжительности его освещения приведена на рисунке 5.

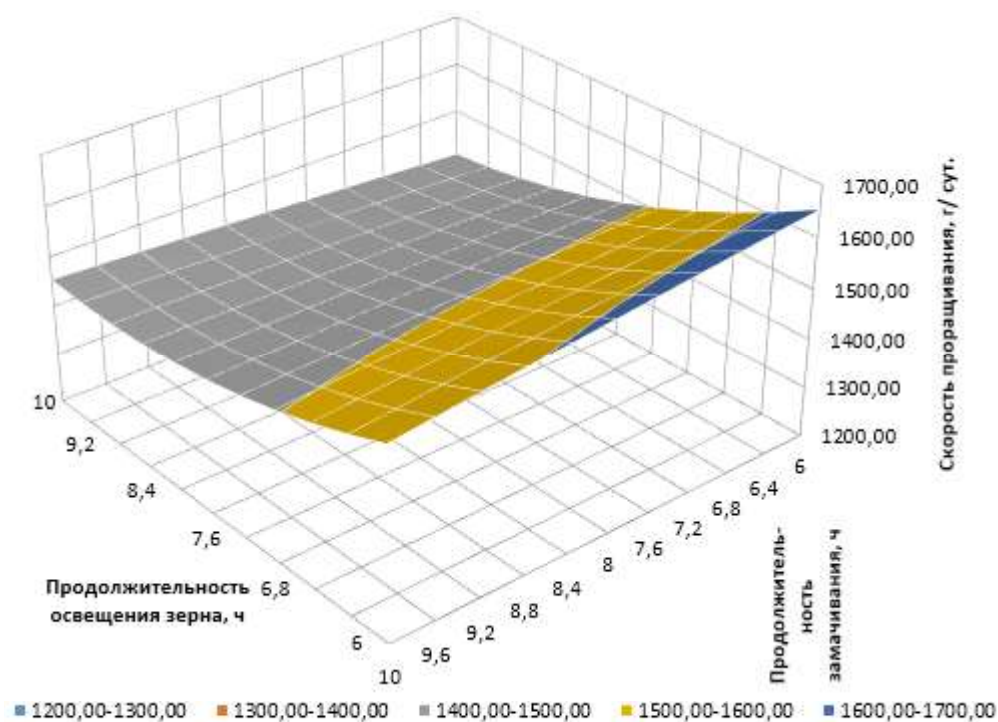


Рисунок 5 – Поверхность отклика скорости проращивания зерна от продолжительности замачивания и продолжительности его освещения

Figure 5 – The response surface of the grain germination rate on the duration of soaking and the duration of its illumination

Провели анализ полученной поверхности отклика и установили, что максимальная скорость проращивания зерна V_m с использованием предложенной установки составила 1600–1650 г/сут. и может быть получена при продолжительности освещения $T_1 = 6,5–7,0$ ч/сут., продолжительности замачивания зерна $T_2 = 6,0–6,5$ ч/сут.

Освещение зеленых ростков осуществляли светильником для растений GAUSS Fito 8 Вт 220lm 175-265 В при температуре воздуха 19 °С.

Заключение. В статье представлены конструктивно-технологическая схема установки для проращивания зерна с описанием принципа работы и блок-схема, а также экспериментальный образец установки. Установка для проращивания зерна обладает новизной, которая подтверждена патентами на изобретение.

Рассмотрены факторы и критерии оптимизации, которые позволят определить качественные, количественные и энергетические характеристики при получении пророщенного зерна.

По итогу проведения экспериментальных исследований получены уравнения регрессии для оптимизации процесса проращивания зерна с использованием разработанной установки. Эксперименты проводили на зернах ячменя. Производительность предложенной установки составляет 4,806 кг/сут. Минимальная энергоёмкость проращивания зерна $\Theta_{\Pi} = 65–70$ Вт·ч/кг при продолжительности освещения $T_1 = 6,5–7,0$ ч/сут., продолжительности замачивания зерна $T_2 = 6,0–6,5$ ч/сут. Наибольшая скорость прорастания зерна $V_m = 1600–1650$ г/сут. получена при продолжительности освещения $T_1 = 6,5–7,0$ ч/сут., продолжительности замачивания зерна $T_2 = 6,0–6,5$ ч/сут.

Результаты исследований предложенной установки для проращивания зерна могут быть использованы сельскохозяйственными предприятиями при производстве зеленых кормов в условиях защищенных грунтов, а также в конструкторском проектировании подобных установок для получения зеленой массы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баланов П. Е., Смотрева И. В. Технология солода. СПб.: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2014. 82 с.
2. Влияние продолжительности освещения на скорость проращивания и химический состав зерна сои и люпина / С. В. Вендин [и др.] // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2021. Т. 68. № 1(42). С. 93–98.



3. Иевлев М. Ю. Эффективность использования пророщенного и экструдированного зерна пшеницы, ячменя и кукурузы в кормосмесях для дойных коров; автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.08 – Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов. Белгород, 2012. 19 с.
4. Ковригин А. В. Повышение продуктивности свиней за счет скармливания им пророщенного зерна. Белгород, 2020. 189 с.
5. Кругляков Ю. А. Оборудование для непрерывного выращивания зеленого корма гидропонным способом. М.: Агропромиздат, 1991. 79 с.
6. Походня Г. С. Свиноводство и технология производства свинины: Сб. науч. трудов научной школы профессора Г. С. Походни (Спец. вып. № 2: Использование пророщенного зерна в рационах свиней). Белгород: БелГСХА, 2009. 68 с.
7. Селиванова М. В., Барабаш И. П., Романенко Е. С. Овощеводство защищенного грунта. Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2014. 80 с.
8. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М.: Машиностроение, 1981. 184 с.
9. Технологическая линия непрерывного проращивания зерна: патент № 2787703 C1, A01C 1/02 (2006.01), A01C 1/02 (2022.08) / С. В. Вендин [и др.]; заявл. 21.02.2022, опублик. 11.01.2023/
10. Технология и оборудование для получения и подготовки пророщенного зерна на корм животным / С. В. Вендин [и др.]. Москва; Белгород: ООО Колос-С, 2021. 204 с.
11. Установка для проращивания зерна: патент № 2741111 C1, A01C 1/00 (2006.01), 22.01.2021 / С. В. Вендин, Ю. В. Саенко, М. С. Широков; заявл. 28.07.2020; опублик. 22.01.2021.
12. Хайлис Г. А., Ковалев М. М. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных. М.: Колос, 1994. 169 с.
13. Palmiano E. P., Juliano B. O. Biochemical changes in the rice grain during germination // *Plant Physiology*. 1972. Vol. 49. No. 5. P. 751–756.

REFERENCES

1. Balanov P. E., Smotraeva I. V. Malt technology. St. Petersburg: ITMO Research Institute; ИHiBT, 2014. 82 p. (In Russ.).
2. The influence of lighting on the speed of germination and the chemical composition of germinated grains of soybean and lupine / S. V. Vendin, Yu. V. Saenko, V. Yu. Strakhov, M. S. Shirokov. *Electrotechnology and Electrical Equipment in the Agro-Industrial Complex*. 2021;68–1(42). 93–98. (In Russ.).
3. Ievlev M. Yu. The efficiency of using sprouted and extruded wheat, barley and corn grains in feed mixtures for dairy cows: abstract of thesis of the Master of Agriculture: 06.02.08 – Feed production, feeding of farm animals and feed technology. Belgorod, 2012. 19 p. (In Russ.).
4. Kovrigin A. V. Increasing the productivity of pigs by feeding them sprouted grain. Belgorod, 2020. 189 p. (In Russ.).
5. Kruglyakov Yu. A. Equipment for continuous cultivation of green fodder by the hydroponic method. Moscow: Agropromizdat, 1991. 79 p. (In Russ.).
6. Pokhodnya G. S. Pig breeding and pork production technology: A collection of scientific papers of the scientific school of Professor G. S. Pokhodnya (Special issue No. 2: The use of sprouted grain in pig diets). Belgorod, 2009. 68 p. (In Russ.).
7. Selivanova M. V., Barabash I. P., Romanenko E. S. Vegetable growing of protected soil. Stavropol: Stavropol State University, 2014. 80 p. (In Russ.).
8. Spiridonov A. A. Experiment planning in the study of technological processes. Moscow: Mechanical Engineering. 1981. 184 p. (In Russ.).
9. Technological line of continuous germination of grain: patent No. 2787703 C1, A01C 1/02 (2006.01), A01C 1/02 (2022.08). / S. V. Vendin, Yu. V. Saenko, M. S. Shirokov, V. Yu. Strakhov, E. A. Martynov; appl. 02/21/2022; publ. 11.01.2023. (In Russ.).
10. Technology and equipment for obtaining and preparing sprouted grain for animal feed / S. V. Vendin, Yu. V. Saenko, K. V. Kazakov, V. Yu. Strakhov, M. S. Shirokov. Moscow; Belgorod, 2021. 204 p. (In Russ.).
11. Plant for sprouting grains: patent No. 2741111 C1, A01C 1/00 (2006.01), 22.01.2021 / S. V. Vendin, Yu. V. Saenko, M. S. Shirokov; appl. 07/28/2020; publ. 01/22/2021. (In Russ.).
12. Khailis G. A., Kovalev M. M. Research of agricultural machinery and processing of experimental data. Moscow: Kolos, 1994. 169 p. (In Russ.).
13. Palmiano E. P., Juliano B. O. Biochemical changes in the rice grain during germination. *Plant Physiology*. 1972;49(5):751–756.

Статья поступила в редакцию 24.03.2024; одобрена после рецензирования 26.04.2024; принята к публикации 04.05.2024.
The article was submitted 24.03.2024; approved after reviewing 26.04.2024; accepted for publication 04.05.2024.

