

ПЕРАПРАЦОЎКА І ЗАХАВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧАЙ ПРАДУКЦЫІ

УДК 631.53.027.325:633.358

В. А. ШАРШУНОВ, Е. Н. УРБАНЧИК, А. Е. ШАЛЮТА

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ПРОРАЩИВАНИЯ ЗЕРНА ГОРОХА

*Могилевский государственный университет продовольствия
Республика Беларусь, e-mail: urbachnik@tut.by*

(Поступила в редакцию 06.06.2013)

Производство функциональных продуктов является актуальной задачей для современной пищевой промышленности. Большой интерес представляют работы по созданию, внедрению и производству новых видов функциональных продуктов на основе пророщенного зерна [1].

Пророщенное зерно – это натуральный, природный продукт. Все полезные вещества в нем находятся в естественных, сбалансированных количествах и сочетаниях [2]. Для перевода нерастворимых, плохо передвигающихся сложных органических веществ – белков, жиров, полисахаридов зерна – в растворимые соединения, легко используемые для питания зародыша, необходимы ферменты. Под влиянием набухания зерна в воде ферменты переходят в активное состояние и происходит их новообразование.

Зерно гороха – богатый источник белка, витаминов, микро- и макроэлементов; он относится к хорошо усваиваемым продуктам, содержащим необходимые организму вещества. В настоящее время в Республике Беларусь районировано 7 сортов гороха, которые рекомендованы для выращивания на всей территории республики.

Технология проращивания широко изучается отечественными и зарубежными исследователями, развиваются и совершенствуются технологические приемы и способы, а также технические средства ее реализации [3–5].

Из литературных данных известно, что к традиционным способам замачивания зерна, применяемым в солодовенном производстве, относятся: воздушно-водяное, в непрерывном токе воды и воздуха, оросительное и воздушно-оросительное. При воздушно-водяном замачивании зерно попеременно находится под водой (водяное замачивание), затем без нее (воздушное замачивание). Такое чередование повторяется через каждые 3–6 ч. Однако основной задачей солодовенного производства является максимальная активизация ферментов, которая достигается при длине ростка, составляющей 1,0–2,0 длины зерна [6]. На основании ранее проведенных исследований установлено, что оптимальное значение длины ростка для зерновых культур, при которой наблюдается максимальная концентрация биологически активных веществ, составляет 0,5–2,0 мм, для зернобобовых культур – 0,5–3,0 мм [7]. Наряду с этим в литературе отсутствуют единые рекомендации по режимам проращивания зернобобовых культур. Предлагаемые методики противоречивы и применимы только в домашних условиях.

Цель работы – определение оптимальных режимов проращивания зерна гороха при разных температурах воздуха для организации рационального ведения технологического процесса проращивания в производственных условиях.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в Могилевском государственном университете продовольствия. В качестве материала исследований были использованы образцы зерна гороха, выращенные на сортоиспытательных участках РУП «Научно-практический

центр НАН Беларуси по земледелию» в 2013 г. Для проведения процесса проращивания был выбран воздушно-водяной способ замачивания зерна, как наиболее простой, не требующий установки специального оборудования. Время чередования воздушных и водяных пауз при проращивании гороха применяли на основе вышеописанного способа замачивания зерна – 3–6 часов. Длину ростка определяли с помощью металлической линейки, цена деления 1 мм. Для оптимизации режимов был введен термин «этап проращивания», который включает одну водяную и одну воздушную паузу. Проращивание осуществляли с использованием бактериологического термостата ЛП-122, в котором поддерживалась постоянная температура в диапазоне 0–40 °С и относительная влажность воздуха 90±5 %. Для замачивания зерна использовали водопроводную воду с температурой 10–14 °С. Опыты проводили в 3 повторностях, анализировали только воспроизводимые в повторном опыте результаты. Для обработки экспериментальных данных использовали метод статистической обработки с помощью программного приложения Microsoft Excel и Statgraphics Plus.

Результаты и их обсуждение. Для определения режимов проращивания был спланирован эксперимент с использованием 2 факторов: продолжительность водяной паузы этапа проращивания, продолжительность воздушной паузы этапа проращивания. В качестве выходного параметра принят показатель активность роста (A_p), определяемый по формуле (1):

$$A_p = k_n / t_n, \quad (1)$$

где k_n – количество проросших зерен гороха с длиной ростка не более 3 мм, %; t_n – время проращивания зерна, ч [8].

На основе ранее проведенных исследований установлено, что чередование воздушно-водяных пауз до 6 ч недостаточно для определения оптимальных режимов, поэтому длительность пауз была увеличена до 10 ч. Матрица планирования эксперимента при температуре 26 °С представлена в табл. 1. Для определения максимального значения активности роста была локализована область значения факторов. С этой целью строили график поверхности отклика (рис. 1). Трехмерный график имеет холм с вершиной в значении 9,4 для переменной X_1 и 8,0 для переменной Y_1 . Для более детального рассмотрения области максимума был применен контурный график поверхности отклика (рис. 2).

Таким образом, оптимальными режимами первого этапа проращивания зерна гороха являются: продолжительность водяной паузы – 8,0–10,3 ч, продолжительность воздушной паузы – 7,3–8,8 ч.

Для определения оптимальных режимов второго этапа проращивания зерна гороха проведена предварительная подготовка образцов по оптимальным режимам первого этапа и спланирован новый эксперимент. Контурный график поверхности отклика второго этапа проращивания представлен на рис. 3.

Таким образом, оптимальными режимами второго этапа проращивания являются: продолжительность водяной паузы – 3,3–5,0 ч, продолжительность воздушной паузы – 4,5–6,3 ч.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии (2), (3) адекватно описывающие изменения активности роста (A_p) под влиянием исследуемых факторов для первого и второго этапов проращивания.

Таблица 1. Матрица планирования эксперимента

№ п/п	Продолжительность водяной паузы первого этапа проращивания (X_1)	Продолжительность воздушной паузы первого этапа проращивания (Y_1)	Активность роста первого этапа (A_{p1})
1	6,5	1,6	1,37
2	6,5	6,5	2,53
3	10,0	3,0	1,98
4	3,0	10,0	1,54
5	6,5	6,5	2,55
6	11,4	6,5	2,48
7	10,0	10,0	2,87
8	3	3,0	1,01
9	1,6	6,5	0,99
10	6,5	11,4	1,89

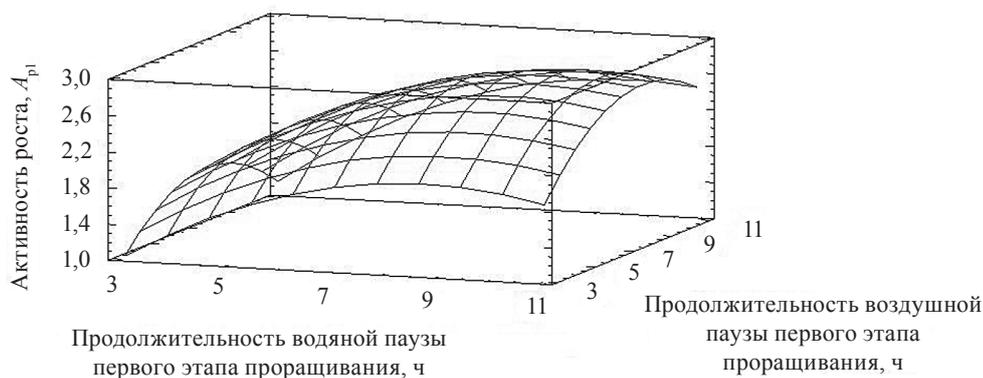


Рис. 1. График поверхности отклика первого этапа проращивания



Рис. 2. Контурный график поверхности отклика первого этапа проращивания



Рис. 3. Контурный график поверхности отклика второго этапа проращивания

$$A_{p1} = -1,342 + 0,492X_1 + 0,468Y_1 - 0,029X_1^2 - 0,034Y_1^2, \quad (2)$$

$$A_{p2} = 2,86 + 0,03X_2 + 0,05Y_2 - 0,004X_2^2 - 0,005Y_2^2, \quad (3)$$

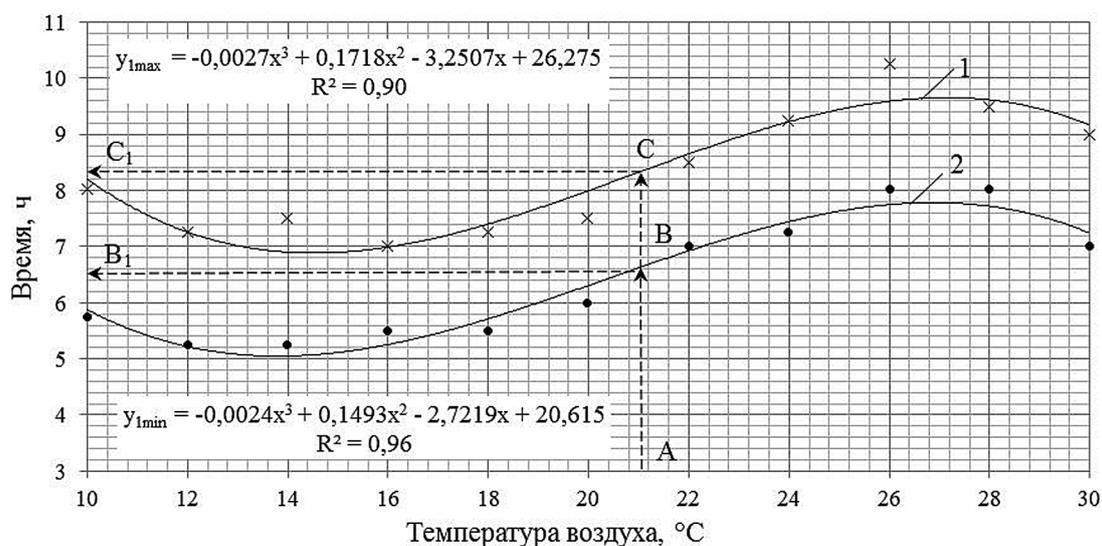
где A_{p1} , A_{p2} – активность роста зерна гороха для первого и второго этапов проращивания, X_1 , X_2 – продолжительность водяной паузы первого и второго этапа проращивания; Y_1 , Y_2 – продолжительность воздушной паузы первого и второго этапа проращивания.

Однако полученные оптимальные режимы применимы только при температуре воздуха 26 °С. Для определения оптимальных режимов проращивания зерна гороха в температурном диапазоне 0–40 °С были проведены аналогичные исследования с интервалом 2 °С.

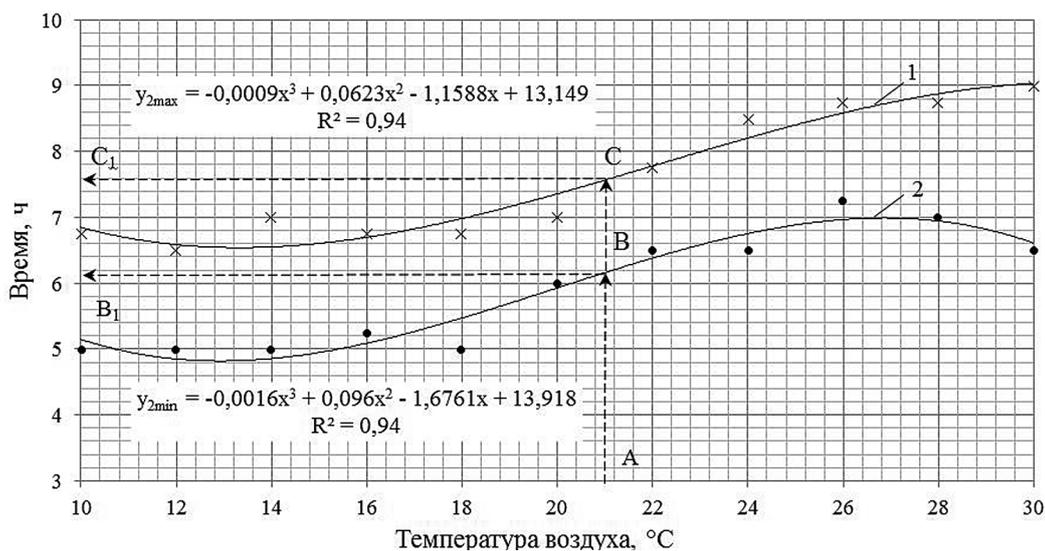
В ходе эксперимента установлено, что для проращивания при температуре менее 10 °С необходимо более 5 дней, что отрицательно влияет на качество пророщенного гороха и эффективность технологического процесса. Проращивание при температуре воздуха более 30 °С ведет к снижению активности роста зерна, наблюдается быстрое увеличение температуры замочной воды и ин-активация процесса прорастания.

В результате обработки экспериментальных данных в диапазоне температур 10–30 °С были построены номограммы, позволяющие определить оптимальные режимы проращивания зерна гороха графическим методом (рис. 4, 5).

Номограммы для определения оптимальных режимов проращивания представляют собой зависимость времени проращивания зерна гороха от температуры воздуха.



a



1 – максимальная продолжительность

2 – минимальная продолжительность

б

Рис. 4. Номограммы для определения продолжительности водяной (а) и воздушной (б) паузы первого этапа проращивания

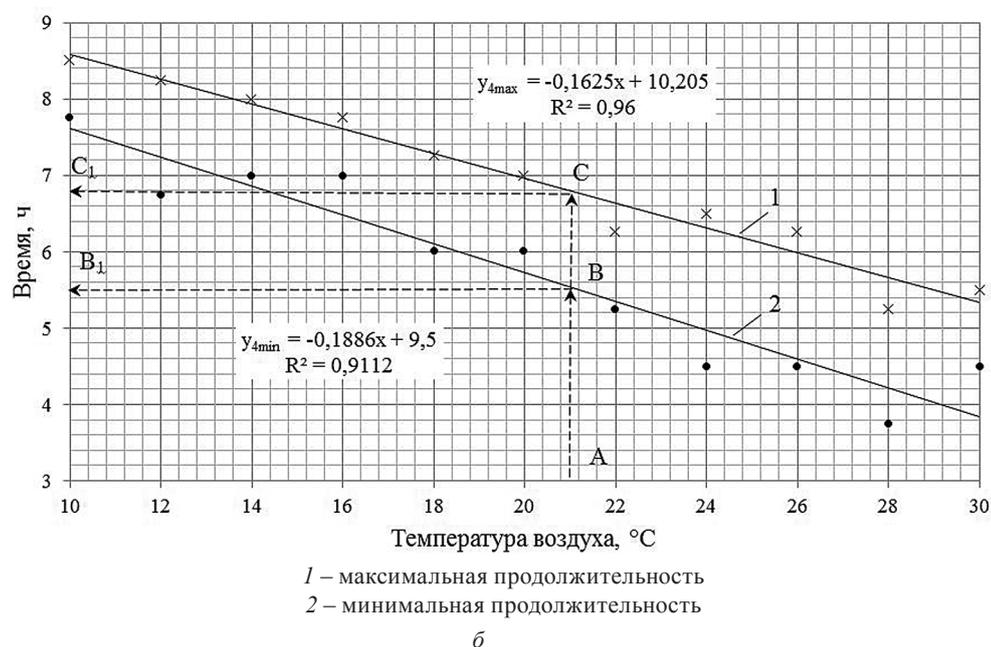
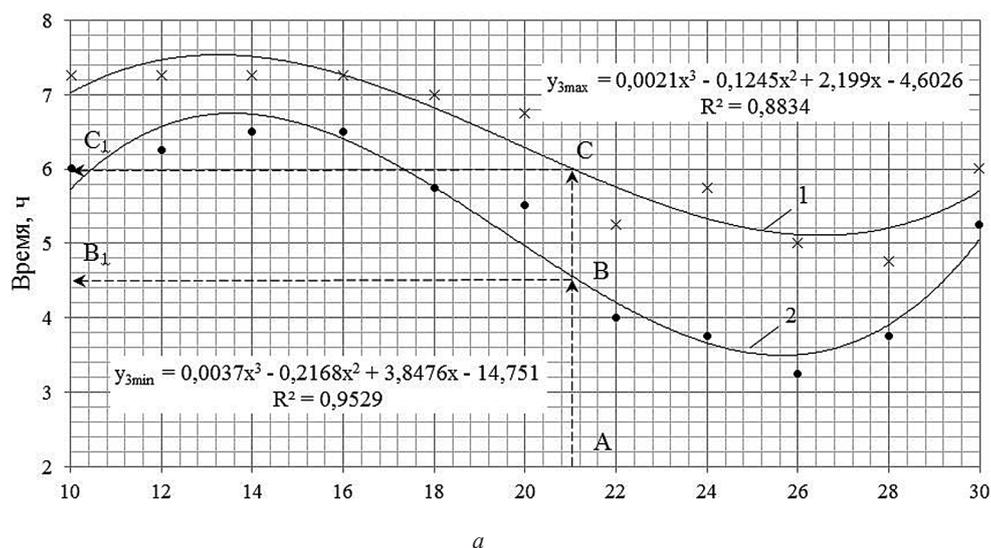


Рис. 5. Номограммы для определения продолжительности водяной (а) и воздушной (б) паузы второго этапа проращивания

По оси абсцисс отложены значения температуры воздуха (T , °С) и нанесена сетка вертикальных линий $T = \text{const}$, по оси ординат отложены значения времени проращивания (t , ч) и нанесена сетка горизонтальных линий $t = \text{const}$. На номограмму нанесены кривые минимальной и максимальной продолжительности воздушно-водяных пауз проращивания.

Для определения оптимальных режимов проращивания зерна гороха с помощью номограмм необходимо определить температуру воздуха по ГОСТ 30494. Например, $T = 21$ °С, тогда на оси абсцисс находят точку A , соответствующую температуре воздуха 21 °С. Из точки A проводится перпендикуляр к оси абсцисс до пересечения с кривыми минимальной (точка B) и максимальной (точка C) продолжительности пауз проращивания. Из точек B и C проводят горизонтальные линии до пересечения с осью ординат (B_1 и C_1). Числовые значения интервала B_1-C_1 соответствуют оптимальным режимам продолжительности воздушно-водяных пауз проращивания зерна гороха при температуре 21 °С (см. рис. 4, 5). Оптимальные режимы для данной температуры представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. **Оптимальные режимы проращивания зерна гороха для температуры воздуха 21 °С**

Вид паузы	Длительность пауз при проращивании, ч
<i>I этап проращивания</i>	
Водяная	6,6–8,3
Воздушная	6,1–7,6
<i>II этап проращивания</i>	
Водяная	4,6–6,0
Воздушная	5,5–6,8

При изменении температуры воздуха в процессе проращивания зерна более чем на 2 °С, рекомендуется провести определения оптимальных режимов повторно.

Заключение. Определены оптимальные режимы проращивания зерна гороха белорусской селекции при температуре 26 °С: продолжительность водяной паузы первого этапа проращивания – 8,0–10,3 ч, продолжительность воздушной паузы первого этапа – 7,3–8,8 ч; продолжительность водяной паузы второго этапа проращивания – 3,3–5,0 ч, продолжительность воздушной паузы второго этапа – 4,5–6,3 ч.

Проведена оптимизация режимов проращивания зерна гороха белорусской селекции в диапазоне температур от 10 до 30 °С, установлены оптимальные режимы проращивания зерна гороха в заданном диапазоне. Разработаны номограммы для определения оптимальных режимов проращивания, позволяющие оперативно скорректировать режимы технологического процесса в производственных условиях в зависимости от температуры воздуха. Полученные режимы можно рекомендовать для зерна гороха белорусской селекции.

Литература

1. Функциональные продукты питания – новое направление пищевых технологий / В. Афонин [и др.] // Инновации и наука. – 2009. – № 6. – С. 50–52.
2. Биотехнологические приемы повышения эффективности использования зерновых ресурсов Беларуси / В. А. Шаршунов [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2008. – № 1. – С. 101–106.
3. Теоретические основы и технология производства консервированных продуктов из пророщенного зерна: тез. докл. VIII Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 27–28 апр. 2011 г.: в 2 ч. / Могилев. гос. ун-т продовольствия; под ред. А. В. Акулич (отв. ред.) [и др.]. – Могилев, 2011. – Ч. 1. – 46 с.
4. Рогожин, В. В. Физиолого-биохимические механизмы прорастания зерновок пшеницы / В. В. Рогожин, Т. В. Рогожина // Вест. Алт. гос. аграр. ун-та. – 2011. – № 8. – С.17–21.
5. Кондратенко, Р. Г. Новые зерновые продукты и их использование / Р. Г. Кондратенко, Е. Н. Урбанчик, И. О. Алексеенко // Инновационные технологии в пищевой промышленности: науч.-практ. конф., Пятигорск, 29–30 окт. 2009 г. – Пятигорск, 2009. – С. 67–70.
6. Косминский, Г. И. Технология солода, пива и безалкогольных напитков. Лабораторный практикум по технологическому контролю производства: учеб. пособие / Г. И. Косминский. – Минск: Дизайн – ПРО, 1998. – 352 с.
7. Способ производства муки из пророщенного зерна злаковых культур: пат. 10228 Респ. Беларусь, МПК (2006) А 23L 1/10, А 23L 1/185, А 21D 13/00 / О. В. Агеенко; Е. Н. Урбанчик; Л. А. Касьянова; заявитель Мог. гос. ун-т продовольствия. – № а 20060182; заявл. 02.03.2006; опубл. 30.08.2006.
8. Урбанчик, Е. Н. Комплексная характеристика сырья и оптимизация режимов первого этапа проращивания семян гороха / Е. Н. Урбанчик, А. Е. Шалюта // Вест. МГУП – 2012. – № 2. – С. 76–80.

V. A. SHARSHUNOV, E. N. URBANCHYK, A. E. SHALUTA

OPTIMIZATION OF MODES OF PEA GERMINATION

Summary

Optimization of modes of pea germination is made. Dependence of germination on air temperature is established. Nomograms, allowing to determine the optimal modes of pea germination without additional calculations depending on air temperature are developed.