

genotypes have high ecological plasticity. When studying in ecological variety testing in Krasnodar NIISH, the yields were surpassed by the standard Volnodonskaya, and the variety of Nicolasha: Gord. 5036/12 – 5,34 t/ha, Gord 4970/13 – 4,56 t/ha.

Keywords: spring hard wheat, selection, yield, genotype, grain quality.

УДК 633. 85:581. 1: 581. 143. 5

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОРАЩИВАНИЮ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР, ТЕСТИРОВАНИЕ УСПЕХА ПРОРАСТАНИЯ

Л.А. САМОФАЛОВА, доктор технических наук

О.В. САФРОНОВА*, кандидат технических наук

ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

*ФГБОУ ВО «ОГУ ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА»; e-mail: hleb@ostu.ru

Анализ процесса проращивания семян двудольных растений сои, гречихи, конопли в условиях in vitro позволил выделить общие методологические подходы в регистрации начальных этапов. Критические точки успеха набухания температура замачивания и степень набухания тестируют продолжительность фазы замачивания. Как критерий эффективности параметров набухания и инкубации анализировалась способность к прорастанию. Выявление критических точек даёт возможность интегрировать процесс, а учёт особенностей химического состава семян – содержание белка, крахмала, жира, соотношение белок/жир позволяет ориентироваться в потребности семян в воде и определить расход при замачивании.

Ключевые слова: семена, соя, гречиха, конопля, набухание, прорастание.

Для практики зерноперерабатывающей промышленности, также как и для сельскохозяйственной науки имеет большое значение и требует конкретного изучения процесс проращивания семян зерновых, бобовых, масличных растений – анализ факторов, формирующих успех прорастания, регистрация изменений физиологических, биохимических, технологических свойств. Например, изучение факторов, определяющих успех переработки ячменя и зерновых в солод в пивоваренной промышленности, бобовых и масличных в производстве безалкогольных напитков и продуктов функционального питания, фармпрепаратов, БАДов и др.

Прорастание представляет собой ряд процессов, обеспечивающих переход семени из почти инертного состояния в активный рост. Набухание, прорастание, рост – качественно различные физиологические состояния семени и условия, которые их лимитируют, также могут быть различны.

Давно подмечены различия в качестве отдельных семян, как индивидуальных организмов, в одной популяции, а также значительная разница семян одной партии во всхожести лабораторной и полевой. При этом уровень оводнённости семян на начало прорастания, также может быть в широком диапазоне, а наклёв начинаться в довольно значительном интервале времени. Всё это делает необходимым конкретизацию условий проращивания в каждой партии и отработку методологических подходов к проращиванию.

Замачивание – это главный этап при прорастании семян, поскольку вода является триггером, запускающим биохимические процессы от момента достижения критической влажности. Она составляет у бобовых 47-59% на сырую массу; у зерновых, в том числе у гречихи – 28-47%; у масличных – 44-62% [1, 2]. Правильно организованный процесс набухания позволяет оптимизировать временные и физические параметры и предотвращает снижение потерь сухой массы и азотистых веществ семян. Вместе с тем, передерживание семян в воде часто приводит к противоположному результату – они задыхаются,

покрываются слизью, повреждаются и не прорастают. Здоровые сильные семена выдерживают такой стресс, но прорастают медленнее [3]. При повышении температуры процесс достижения критической влажности интенсифицируется.

По данным Тиманн К.В., Дженн Р.К. (1982), Bewley E.D.(1982), Marcus A. (1982) количество поглощённой семенем воды зависит от строения его покровов, от состава запасных веществ и от размера (цитируется по Н.А. Аскоченская, А.И. Ермаков, В.В. Арасимович и др.) [2]. Поэтому абсолютное количество поглощённой воды прорастающими семенами одного и того же растения, даже из одной партии семян, может резко отличаться, т.е. другими словами, степень матрикальной неоднородности партии семян определяет скорость набухания и прорастания.

По данным Н.И. Булгакова [4], К.А. Калунянц и др. [5] на примере зерна ячменя показано, что продолжительность замочки при производстве солода определяется степенью замочки (48-52% влаги), которая зависит от содержания белка. Для ячменей с высоким их содержанием рекомендуется замачивание до более высокой влажности [6].

Продолжительность процесса замочки обусловлена также температурой, с увеличением которой возрастает набухаемость органических коллоидов (белков, крахмала, клетчатки), повышается скорость диффузии воды (около 2% на 1°C). Белковые вещества способны поглотить до 180% воды, крахмал – до 70% и клетчатка – до 30% от массы сухого вещества [1]. Температурой регулируют количество растворимого азота в солоде, применяется диапазон 12-15°C или 20-22°C. Хорошей считается степень растворения 38-40% (растворимый азот к общему), а при переработке ячменей с высоким содержанием белка – 39-41%. На примере прорастающего зерна пшеницы [7] показано, что большое влияние на процесс активирования α -амилазы оказывает температура, при которой происходит прорастание, однако в зависимости от внешних факторов активность α -амилазы может сильно колебаться и не всегда внешние признаки прорастания будут коррелировать со способностью зерна гидролизировать крахмал.

Таким образом, основными позициями можно считать определение температуры и режимов обводнения, обеспечивающих успех проращивания в условиях *in vitro*.

Цель исследований: разработка методологических подходов к проращиванию семян трёх классификационных групп: бобовых – сои, зерновых – гречихи, масличных. В задачи исследований входило: в лабораторных условиях *in vitro* тестировать процесс прорастания семян, осуществить выбор критических точек, регистрирующих успех проращивания, определить материальный баланс при набухании. Использовались семена районированных сортов последнего года урожая, находящиеся в состоянии так называемого вынужденного покоя из-за отсутствия воды и света.

Период прорастания состоит из последовательных этапов – фаз прорастания. Каждой фазе присуща определенная продолжительность, биохимические и морфологические изменения, происходящие в семени, а также определенные требования к условиям среды. Всего выделяют пять фаз: 1) водопоглощения; 2) набухания, заканчивающегося наклёвыванием; 3) роста первичных корешков; 4) развития ростка; 5) становления проростка. В наших исследованиях рассматривались два периода – фаза поглощения и фаза набухания, заканчивающаяся наклёвыванием, выделение которых становится очевидным с наступлением критической влажности и появлением качественных сдвигов в состоянии семян [8].

Физическая сущность процесса набухания сводится к взаимодействию с водой гидрофильных и гидрофобных веществ.

Каждое семя можно рассматривать как содержащее две группы веществ:

1) гидрофильные вещества, т.е. имеющие сродство к воде и поглощающие воду, к ним преимущественно относят белки;

2) гидрофобные вещества, не имеющие сродства к воде и не поглощающие воду, к ним, в первую очередь, относят масло.

Следовательно, если в семени преобладают гидрофобные вещества (масла) – оно будет поглощать воды меньше, чем семя, в котором содержится больше гидрофильных веществ белков. Семена, которые содержат значительное количество белков, нуждаются в большем количестве воды для прорастания [9, 10, 11].

К первому типу относятся семена сои, содержащие преимущественно белковые вещества – 40-45% на с.в., соотношение белок/жир 1,78; ко второму – семена конопли, содержащие преимущественно жир – 35-38%, соотношение белок/жир – 0,68. Семена зерновых культур (гречиха) в качестве запасного вещества содержат гидрофильные белки – 14-18% и крахмал до 70%.

Процесс набухания также зависит и от морфологического состава семян – строения и соотношения оболочек и ядра. Семена по своему строению относятся к капиллярно-пористым телам. Капиллярное строение наиболее характерно для оболочек, ядро семян имеет более уплотнённое строение. Капиллярами как сквозными, так и тупиковыми пронизана межклеточная структура семян; в клетках размещены коллоидные вещества.

При набухании живых семян помимо физических процессов включаются биохимические – активизируются белки-ферменты, на начальных стадиях запуска прорастания преобладают процессы гидролиза [6].

Согласно ГОСТ 10968 – 88 под энергией прорастания понимают отношение количества зёрен проросших за 72 ч, к общему количеству анализируемых зёрен, выраженное в процентах. Под способностью прорастания понимают отношение количества зёрен, проросших за 120 ч, к общему количеству анализируемых зёрен, выраженное в процентах. Исследования показали, что энергия прорастания по опытным партиям семян составляет 80-85%, способность к прорастанию 94-96%.

Постановка опытов:

На первом этапе при проращивании опытных партий семян набухание проводили при температуре $10 \pm 2^\circ\text{C}$ и $22 \pm 2^\circ\text{C}$, определяли степень набухания:

$$M = (m_t - m_0)/m_0 \quad (1)$$

M – степень набухания в произвольный момент времени; m_t – масса зёрен после набухания в произвольный момент времени, г; m_0 – масса зёрен до набухания, г.

Для предотвращения загнивания семян замочную воду меняли каждые три часа. Далее семена инкубировали во влажной камере, периодически орошая при тех же температурных режимах. Экспериментальные кривые набухания семян сои, гречихи и конопли, полученные при двух температурных режимах, представлены на рисунках 1-3. Полученные уравнения регрессии и величина достоверности аппроксимации представлены в табл.

Обсуждение результатов

Как видно из представленных рисунков процесс набухания продолжается весь период замачивания. Экспериментальные кривые асимптотически приближались к некоторым предельным значениям.

Семена сои через 12 час. тяжелеют в среднем в 2,3 раза по сравнению с первоначальной массой, семена конопли – в 1,9 раза, семена гречихи – в 1,5 раза. Разница между сортами у всех культур незначительна (рис. 1-3).

У семян сои интенсивность набухания при температуре 10°C снижается после 6 ч замачивания, при температуре 22°C – после 5 ч. При температуре 22°C к 5 ч замачивания у обоих сортов сои в 1,5 раза увеличивается степень набухания по сравнению с более низкой температурой (рис. 1).

Семена гречихи также чувствительны к повышению температуры, степень набухания при 22°C к 4 ч замачивания увеличивается в 1,2 раза по сравнению с температурой 10°C . Интенсивность набухания при температуре 10°C снижается через 6-7 ч, при температуре 22°C – через 4-5 ч (рис. 2). Семена конопли наименее чувствительны к температуре замочной воды и процесс влагопоглощения развивается медленнее (рис. 3).

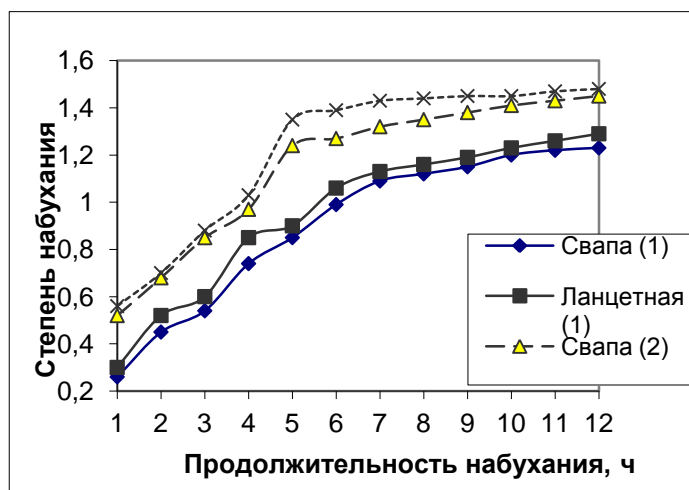


Рис. 1. Кривые набухания двух сортов семян сои при температуре замочной воды: 1) – 10°C; 2) – 22°C

Степень набухания при 22°C увеличивается в 1,2 раза только после 8 ч замачивания. Интенсивность набухания снижается при температуре 10°C через 10 ч, при температуре 22°C через 8 ч. Можно предположить, что это связано с морфологической особенностью строения семян – наличием очень плотного деревянистого околоплодника, со слабой капиллярностью покровных тканей, наличием воздушного слоя между наружной и семенной оболочкой. По этой причине наблюдается замедленное набухание в первые часы замочки и низкое потребление кислорода воздуха в начальной фазе до погружения семян в воду и через 3-4 ч после погружения.

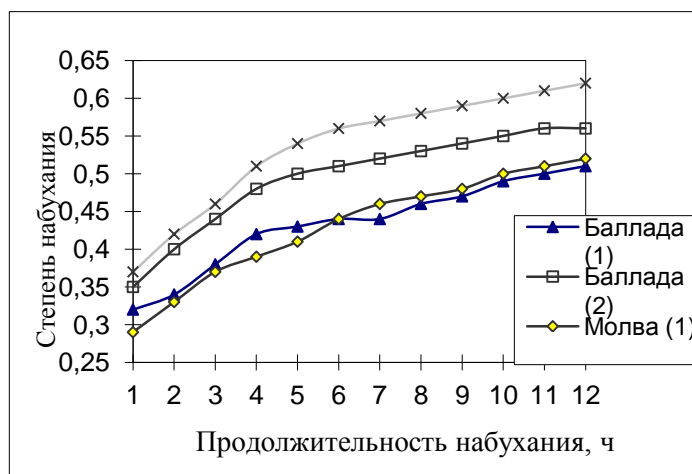


Рис. 2. Кривые набухания семян гречихи сорта Баллада и Молва при температуре замочной воды: (1) – 10°C; (2) – 22°C

В первые часы после погружения кислород, присутствующий между зародышем и оболочками обеспечивает нормальные условия дыхания и предотвращает замену процесса на анаэробный тип. Через плодную оболочку вода проникает внутрь семени под влиянием капиллярного эффекта, вступает в соприкосновение с семенной оболочкой, выстилающей плодную. Семенная оболочка постепенно разбухает и заполняет пространство между зародышем и оболочками, обеспечивая непосредственный контакт с водой самого зародыша и эндосперма. Внешне это выражается в погружении семени в воду. С этого момента начинается набухание зародыша, растяжение гипокотила и набухание эндосперма.

Семена сои имеют мягкую эластичную хорошо пронизанную порами оболочку, и процесс набухания ускорен по сравнению с семенами конопли, однако, в связи с большим содержанием белка, им требуется и большее количество влаги. Семена гречихи имеют плотную оболочку, однако легко раскрывающуюся при соприкосновении с водой, обеспечивая зародышу непосредственный контакт с водой.

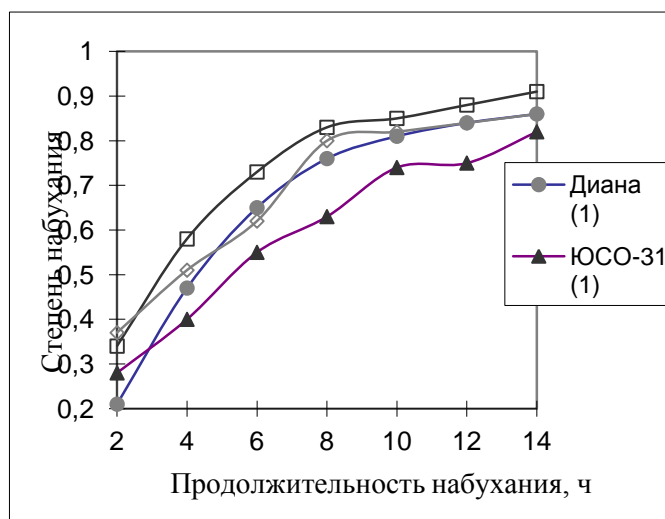


Рис. 3. Кривые набухания семян конопли сортов Диана и ЮСО-31 при температуре замочной воды: (1) – 10°C; (2) – 22°C

Вместе с тем, у сои и гречихи к концу рассматриваемого периода заметно повышение степени набухания при температуре 22°C – к 12 ч в 1,1-1,2 раза по сравнению с температурой 10°C, т.е. возможно перемачивание семян, которое по некоторым данным [12, 13] пагубно сказывается на энергии и даже способности к прорастанию, немаловажное значение имеют и потери питательных веществ. На основании полученных результатов, было определено время замачивания семян сои 8 ч, гречихи 6 ч, конопли – 10 ч. Далее семена инкубировали при влажности 85-90% при тех же температурах, с дробным орошением. Статистический анализ свидетельствует о высокой достоверности результатов исследований $R^2 = 0,9276-0,9805$.

Таблица

Содержание влаги и активность прорастания семян при двух температурных режимах, средние значения

	Семена, замачивание					
	Соя, 8 ч		Гречиха, 6 ч		Конопля, 10 ч	
	10°C	22°C	10°C	22°C	10°C	22°C
1	2	3	4	5	6	7
Начало наклёва единичных экземпляров, ч;	36	24	20	12	36	18
влажность, %	57,6	59,5	35,2	39,7	42,5	44,8
Содержание белка, %	39,9		17,39		23,6	
Соотношение белок / жир	1,78		3,75		0,68	
Коэффициент скорости прорастания, 100/ч	1,39 (72 ч)	2,08 (48 ч)	2,77 (36 ч)	4,16 (24 ч)	2,38 (42 ч)	2,08 (48 ч)
Способность к прорастанию, %	85	60	95	75	93	95
Определение диапазона критической влажности у наклюнувшихся семян, %						
12-18	-	-	-	39,7	-	44,8
20-24	-	59,5	35,2	42,2	-	45,2
30-36	57,6	62,8	35,8	43,5	42,5	45,8
42-48	59,8	64,2	36,5	44,0	44,2	44,5
60	61,3	63,5	-	-	44,8	-
72	62,7	-	-	-	-	-

*прочерк означает отсутствие наклюнувшихся семян

На втором этапе была поставлена задача: определить критическую влажность, т.е. минимум воды, необходимый для прорастания большей части семян каждой из трёх культур и диапазон влагосодержания, при котором семена начинают наклёвываться.

Для этого регистрировали начало наклёва семян, влагосодержание при наклёве на разных стадиях инкубации, скорость прорастания. Анализировали также способность к прорастанию, как критерий эффективности принятых параметров набухания и инкубации.

Из таблицы видно, что процесс влагопоглощения продолжается весь анализируемый период, причём более интенсивно при температуре 22°C. Энергия, скорость прорастания (интервал времени между моментом попадания в благоприятные условия и моментом явного прорастания), или же обратная величина – коэффициент скорости прорастания (100/ч проклёвывания 50% семян) определяются природой семени и условиями запуска процессов. Самый высокий коэффициент скорости прорастания установлен у семян гречихи при 22°C – 4,16; критическая влажность 42,2%, при температуре 10°C – 2,77, влажность 35,8%. Таким же образом определён диапазон критической влажности у семян сои – 62,7-64,2%; конопли – 44,2-44,5%. По некоторым данным [12] эта величина всегда завышена, т.к. семена, набухая, набирают запас воды несколько больший, позволяющий не только проклюнуться корешку но, и вырасти корню. Наиболее короткие сроки наклёва у семян гречихи – 24 и 36 ч, в зависимости от температуры, средние у конопли – 42 и 48 ч, и наиболее продолжительные у сои – 48 и 72 ч.

Как уже указывалось выше, скорость набухания связана с присутствием в составе семян гидрофильных (белки, крахмал) и гидрофобных (липиды) соединений. Нами ранее установлено самое высокое содержание гидрофильных веществ у семян гречихи до 70% (сумма белка и крахмал). Они набухают и прорастают быстрее всех. В семенах конопли соотношение белок/жир меньше единицы и для прорастания им требуется меньше влаги, однако, замедляет процесс наличие плотной оболочки.

Соя – теплолюбивое растение и содержит много белка, поэтому она нуждается в большем количестве поглощённой влаги и более высокой температуре инкубации. Растянутый наклёв семян сои от 36 до 72 ч связан с генетическим потенциалом изучаемых сортов и неоднородностью популяции – семя любой партии в общем объёме зерновой массы в физическом, биохимическом и физиологическом отношении неоднородно, что обусловлено многими биологическими, почвенно-климатическими и агротехническими факторами и особенностями.

Таким образом, для семян сои и гречихи применение повышенной температуры инкубации способствует увеличению скорости прорастания в 1,5 раза, однако приводит к снижению способности к прорастанию и, следовательно, применимо только на стадии набухания, с целью повышения интенсивности влагопоглощения. В отличие от них семена конопли более устойчивы к действию повышенной температуры и способность к прорастанию у них не снижается.

Диапазон влажности, при которой происходит наклёвывание семян у трёх культур, различен: у сои – 57,6-63,5%, у гречихи – 35,2-44,0, у конопли – 42,5-44,5. По данным параметрам можно ориентироваться в потребности семян в воде и определить расход при замачивании. Так установлено, что семена сои необходимо заливать водой в соотношении 1:4 – 1:6; семена гречихи – 1:2 – 1:4; конопли – 1:3 – 1:4.

Выводы

Анализ процесса проращивания в условиях *in vitro* семян сельскохозяйственных культур трёх классификационных групп позволил выделить общие методологические подходы в регистрации начальных этапов.

1. Критическими точками успеха набухания можно считать определение температуры замачивания и степень набухания, с учётом которых можно регулировать продолжительность фазы замачивания. При этом способность к прорастанию является критерием эффективности принятых параметров набухания и инкубации.

2. Диапазон критической влажности семян зависит от их химического состава и матрикальной неоднородности партий.

3. Выявление критических точек позволяет интегрировать процесс, а учёт особенностей химического состава семян – содержание белка, крахмала, жира, соотношение белок/жир позволяет ориентироваться в потребности семян в воде и определить расход при замачивании.

Полученные результаты дают возможность применения математического моделирования для прогнозирования успеха прорастания семян.

Литература

1. Полевой В.В., Саламатова Т.С. Физиология роста и развития растений: учебное пособие. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1991. – 240 с.
2. Физиология и биохимия покоя и прорастания семян: пер. с англ. Н.А. Аскоческой, А.И. Ермакова, В.В. Арасимович и др.; под ред. А.И. Ермакова; 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Агропромиздат. Лен. отд-е, 1987.- 430 с.
3. Heydecker W. Department of Agriculture and Horticulture, University of Nottingham, Sutton Bonington, Loughborough LE 12 5RD, Technol. 1973-1974, pp. 50-67.
4. Булгаков Н.И. Биохимия солода и пива. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 258 с.
5. Калунянц К.А. Химия солода и пива. – М.: Агропромиздат, 1990. – 176 с.
6. Шустер (Вайнфуртнер), Нарцисс Л. Пивоварение. В трёх томах. Технология приготовления суслу: пер. с нем.; под ред. акад. МАХ С.А. Анисимова. – М.: НПО «Элевар», 2003.- 620 с.
7. Кольман Я., Рём К. Наглядная биохимия. 2-е изд.; пер. с нем. – М.: Мир, 2004. – 469 с.
8. Измайлов С.Ф. Азотный обмен в растениях. – М.: Наука, 1986. – 320 с.
9. Обручева Н.В. // Физиология семян. Формирование, прорастание, прикладные аспекты: материалы Всесоюзного симпозиума. Душанбе, 1990. – С. 118–122.
10. Обручева Н.В. Прорастание семян // Физиология семян. – М.: Наука, 1982. – С. 223–274.
11. Обручева Н.В., Ковадло Н.С. Физиология растений. 1985. – Т. 32. –С. 752 – 763.
12. Дженн Р.К., Амен Р.Д. Что такое прорастание семян. // Физиология и биохимия покоя и прорастания семян. – М.: Колос, 1982. – С. 19–46.
13. Obroucheva N.V., Antipova O.V. Seed hydration as a trigger of cell elongation in bean hypocotyl and radicle. In: Structural and functional aspects of transport in roots /B. Loughman ed. / Kluwer Acad. Press, 1988.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE GERMINATION OF SEEDS OF CROPS, TESTING THE SUCCESS OF GERMINATION

L. A. Samofalova, O. V. Safronova*

FGBNU «THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE OF LEGUMES AND GROAT CROPS»,

E-mail: lalsamof@rambler.ru

*FGBOU HE «OREL STATE UNIVERSITY NAMED AFTER I. S. TURGENEV»,

E-mail: hleb@ostu.ru

Abstract: Analysis of the germination of seeds of dicotyledonous soybean, buckwheat, hemp plants *in vitro* allowed us to identify common methodological approaches in recording the initial stages. Critical points of swelling success, soaking temperature and swelling degree test the duration of the soaking phase. As a criterion for the effectiveness of swelling and incubation parameters, the ability to germinate was analyzed. Identification of critical points makes it possible to integrate the process, and taking into account the chemical composition of seeds: protein, starch, fat content, protein/fat ratio allows you to orientate yourself in the requirements of seeds in water and determine the consumption when soaking.

Keywords: soybean seeds, buckwheat, hemp, swelling, germination, critical points, integration of the germination process *in vitro*.