

УДК 581.16:581.48

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-3-125-137

## АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПАРАМЕТРОВ ПРОРАСТАЮЩИХ СЕМЯН УКРОПА, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ИХ РАЗНОКАЧЕСТВЕННОСТЬ

**Бухаров А.Ф.<sup>1</sup>, Балеев Д.Н.<sup>1</sup>, Иванова М.И.<sup>1</sup>, Бухарова А.Р.<sup>2</sup>, Разин О.А.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал Федерального научного центра овощеводства – 140153, Московская обл., Раменский р-н., д. Верея, стр. 500, Российская Федерация*

<sup>2</sup> *Российский государственный аграрный заочный университет – 143900, Московская обл., г. Балашиха, ул. Ю. Фучика, д. 1, Российская Федерация*

<sup>3</sup> *Федеральный научный центр овощеводства – 143080, Московская обл., Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14, Российская Федерация*

**Аннотация.** Статья посвящена изучению роста и развития морфологически недоразвитых зародышей в семенах укропа и их влияния на прорастание. Проведено исследование влияния местоположения зонтика укропа на рост зародыша и прорастание семян в стандартных условиях. В процессе проращивания в динамике были измерены длина зародыша из зонтиков, расположенных на побегах первого и второго порядков ветвления. Рассчитаны параметры модели роста зародыша и прорастания семян укропа. Выявлена разнокачественность начальной длины зародыша ( $p < 0,001$ ), существенная разница длины зародыша при полном прорастании ( $p < 0,001$ ), а также времени роста 50% от длины зародыша, необходимой для прорастания ( $p = 0,009$ ). Выявлено, что в начале проращивания зародыши в семенах с разных порядков ветвления находятся на разных стадиях развития. Исследования показывают, что в стандартных контролируемых условиях проращивания скорость прорастания и количество проросших семян зависят от стадии развития зародыша.

**Ключевые слова:** укроп, разнокачественность семян, прорастание семян.

## ANALYSIS OF THE VARIABILITY OF THE PARAMETERS OF GERMINATING SEEDS OF DILL, CHARACTERIZING THEIR QUALITY

**A. Bukharov<sup>1</sup>, D. Baleev<sup>1</sup>, M. Ivanova<sup>1</sup>, A. Bukharova<sup>2</sup>, O. Razin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> *All-Russian Research Institute of Vegetable Growing – Branch of Federal Scientific Center of Vegetable Growing – stroenie 500, 140153 Vereya, Ramensky sector, Moscow region, Russian Federation*

<sup>2</sup> *Russian State Agricultural University – ul. Yu. Fuchika 1, 143900 Balashikha, Moscow region, Russian Federation*

<sup>3</sup> *Federal Scientific Center of Vegetable Production – Selektionsnaya ul. 14, 143080 VNISSOK, Odintsovo sector, Moscow region, Russian Federation*

**Abstract.** We report a study on the growth and development of morphologically underdeveloped embryos in dill seeds, and their impact on germination. The influence of dill umbrella location on embryo growth and seed germination under standard conditions is investigated. In the process of germination in dynamics, the length of the embryo from umbrellas located on the shoots of the first and second orders of branching is measured. Parameters of the model of embryo growth and germination of dill seeds are calculated. The different quality of the initial length of the embryo ( $p < 0.001$ ), a significant difference in the length of the embryo in full germination ( $p < 0.001$ ), and growth time of 50% of the length of the embryo, necessary for germination ( $p = 0.009$ ), are revealed. It is found that at the beginning of germination, embryos in seeds from different branching orders are at different stages of development. Studies show that under standard controlled germination conditions the germination rate and seed germination percentage depend on the stage of the embryo development.

**Key words:** heterogeneity, dill, embryo growth, germination of seeds.

### Введение

От положения семени или плода на растении в значительной степени зависит его морфологическое строение, масса и особенности проявления покоя и прорастания [18; 28; 29]. В англоязычной литературе эта реакция обозначается как «позиционно-зависимые эффекты» [9]. В отечественных публикациях это явление принято называть матрикальной разнокачественностью [3]. Варьирование доли проросших семян, а также находящихся в состоянии покоя, может происходить у амфикарпических растений, которые формируют надземные и подземные цветки [6] или в разных частях одного соцветия [10], а также от положения соцветия на материнском растении [27]. Причины, вызывающие эти различия, многогранны. Во-первых, питательные ресурсы распределяются не одинаково между всеми семенами [10]. Во-вторых, семена, развивающиеся в одном положении (например, у основания соцветия), находятся в других условиях окружающей среды, чем семена, полученные в другом положении (например, в верхней части соцветия), включая различия в физиологическом

возрасте материнского растения в момент формирования семян [6].

В последнее время большинство исследований позиционно-зависимых эффектов были сосредоточены на характеристиках прорастания семян, полученных с различных соцветий на растении. Характерные примеры того, как положение на материнском растении влияет на прорастание полученных семян, можно найти у ряда видов *Asteraceae* [25], *Poaceae* [13], *Fabaceae* [23] и других [7; 19]. Другие примеры вариации реакции прорастания семян, полученных в разных частях одного и того же растения, включают некоторые виды *Umbelliferae* [14; 20; 24]. У этих культур семена, сформированные в разных порядках ветвления, имеют различные морфометрические показатели и качество. Гетероморфизм проявляется, прежде всего, в величине семян, при этом может наблюдаться варьирование размеров семядолей и гипокотили зародыша. Может проявляться также в различной степени дифференциации зародыша (от глобулярной до торпедовидной стадии) в зрелом семени [5]. Однако малоизученным остается вопрос о влиянии

положения соцветия на материнском растении на рост недоразвитого зародыша в процессе проращивания и особенности динамики прорастания семян **овощных зонтичных культур**.

Исследовано влияние местоположения семян на материнском растении на рост зародыша и физиологию прорастания семян укропа в стандартных температурных условиях ( $t = 10^{\circ}\text{C}$  (16 часов) /  $30^{\circ}\text{C}$  (8 часов)). Цель исследования состояла в том, чтобы на основе динамических моделей определить наличие различий в темпах и характере роста зародыша и прорастания семян укропа, сформированных в разных частях материнского растения. Проанализировать сопряженность параметров динамической модели роста зародыша и физиологических показателей прорастания семян.

### Методика исследования

#### Место проведения исследований.

Исследования проводили в 2015–2017 гг. в ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО, Московская область.

**Объект.** Объектом исследований служили семена укропа (*Anethum graveolens* L.) сорта Кентавр, разных порядков ветвления. Сорт укропа Кентавр – позднеспелый. Растение в фазе цветения 100–110 см, раскидистое, сильнооблиственное. Зонтик большого размера, выпуклый, многолучевой. В условиях Московской области формирует полноценные зонтики на двух порядках. Семена получены с растений укропа, выращенных в открытом грунте. Посев проводили во второй декаде мая рядами по схеме  $45 \times 10$  см. Глубина заделки 1,5 см. Норма высева 1–2 г/м<sup>2</sup>. Площадь делянки 10 м<sup>2</sup>, делянки размещали рандомизированным мето-

дом. Повторность опыта трехкратная. Уборку плодов проводили на 50 день после цветения зонтиков первого порядка. Выбирали 30 растений в трехкратной повторности для каждого варианта и срезали зонтики указанных порядков. Семена сушили и хранили в лаборатории в течение 6 месяцев, после проводили лабораторные исследования.

**Условия проращивания.** Проращивание проводили в термостате (ТС 1/80 СПУ) с контролируемой температурой. Использовали закрытые чашки Петри (10 см) с одним слоем смоченной дистиллированной водой фильтровальной бумаги. Субстрат постоянно поддерживали во влажном состоянии. Уровень влажности воздуха в камере 90–95%. Температурный режим, в соответствии с международными правилами определения качества семян [15], переменный:  $10^{\circ}\text{C}$  (16 часов) /  $30^{\circ}\text{C}$  (8 часов). Проращивание осуществляли без доступа света. Продолжительность – 21 сутки.

**Изучение роста зародыша.** Для изучения динамики роста зародышей в чашки Петри (10 см) на лист фильтровальной бумаги закладывали порции интактных семян (по 10 штук в 4-кратной повторности для каждого дня наблюдений). Смачивали дистиллированной водой, как указано выше. Наблюдения проводили ежедневно. На случай гибели или обнаружения семян без зародыша закладывали страховочные семена (четыре повторности по 100 семян). Оттуда, в случае необходимости, наугад отбирали нужное количество семян для анализа. Ежедневно для каждого варианта случайным образом отбирали четыре чашки Петри и изучали все находящиеся в них семена.

Семена разрезали пополам, измеряли длину эндосперма и длину зародыша. Для проросших семян использовали понятие «критическая длина зародыша» (измеряли выделенный зародыш по всей длине до проклюнувшегося кончика зародышевого корешка). Изображения зародыша получали с использованием микроскопа Levenhuk 670T (Levenhuk, США), объектив ахромат (achromat)  $4\times/0,1$ , соединенным с видеоокуляром ScoreTek DCM 300 MD. Размер зародыша измеряли с использованием программного обеспечения для анализа изображений Score Photo (Image Software V. 3.1.386). Размер эндосперма измеряли штангенциркулем (ГОСТ 166-89), его длина составляла: в 2015 г. для первого порядка  $3,01\pm 0,04$  мм ( $n = 40$ ;  $\min = 2,60$  мм;  $\max = 3,60$  мм;  $cv = 8,3$  %); для второго порядка  $2,76\pm 0,03$  мм ( $n = 40$ ;  $\min = 2,50$  мм;  $\max = 3,10$  мм;  $cv = 6,2$  %); в 2016 г. для первого порядка  $3,66\pm 0,05$  мм ( $n = 40$ ;  $\min = 3,00$  мм;  $\max = 4,20$  мм;  $cv = 8,2$  %); для второго порядка  $3,08\pm 0,04$  мм ( $n = 40$ ;  $\min = 2,70$  мм;  $\max = 3,60$  мм;  $cv = 7,6$  %).

#### **Оценка процесса прорастания.**

Влияние разнокачественности на прорастание оценивали по его влиянию на проклёвывание зародышевого корешка. О завершении прорастания судили по проклёвыванию [8]. Порции интактных семян (по 100 штук) в 4-кратной повторности проращивали, как описано выше. Ежедневно оценивали число проклюнувшихся семян. Проросшие семена удаляли.

**Статистический анализ.** Схема опыта включала два варианта эндогенного фактора: семена с зонтиков первого порядка (контроль) и семена

с зонтиков второго порядка. Полученные данные использовали для построения модели роста зародыша и прорастания семян в зависимости от места формирования соцветия на материнском растении. Моделирование осуществлялось с использованием R и пакета drc. Полученную модель тестировали с использованием критерия  $\chi^2$ . Для построения модели роста зародыша использовали лог – логистическую регрессию с четырьмя параметрами:  $b$  – угол наклона кривой роста зародыша;  $c$  – нижняя асимптота кривой роста зародыша;  $d$  – верхняя асимптота кривой роста зародыша;  $e$  – время, затраченное на рост 50% от необходимой длины зародыша для прорастания. Для построения модели прорастания семян использовали лог – логистическую регрессию с тремя параметрами:  $b$  – угол наклона кривой прорастания семян;  $d$  – верхняя асимптота кривой прорастания семян;  $e$  – время прорастания 50% семян. Статистическую оценку различий полученных параметров моделей проводили по разности параметров с использованием стандартной ошибки и критериев для нулевой гипотезы о том, что разность равна 0 [21]. Все данные перед началом анализа подвергали тестированию на нормальность распределения с использованием критерия Шапиро – Уилка. Влияние изучаемого фактора на показатели роста зародыша и прорастания семян тестировали с помощью дисперсионного анализа. Взаимодействия рассчитывали корреляционным анализом Пирсона. Различия в каждой паре сравниваемых значений считали статистически значимыми при  $p \leq 0,05$ .

## Результаты исследования

**Влияние места формирования семян на динамику роста зародыша.** На рис. 1а показана модель роста зародыша в семенах укропа, собранных с первого и второго порядка ветвления, в среднем за годы исследований. Сравнение кривых роста отчетливо выявляет разнокачественность начальной длины зародыша. Разница длины между первым и вторым порядком составляла  $0,32 \pm 0,06$  мм ( $p < 0,001$ ). Выявлена существенная разница длины зародыша при полном прорастании, которая со-

ставляла  $0,35 \pm 0,06$  мм ( $p < 0,001$ ) в зависимости от места формирования семян на материнском растении. Время роста 50% от длины зародыша, необходимой для прорастания, зависело от места формирования семян на материнском растении. При этом зародыши, полученные с первого порядка, росли быстрее на  $1,18 \pm 0,4$  сут. ( $p = 0,009$ ). Углы наклона кривых роста зародыша отличались несущественно ( $p = 0,3$ ). Рост зародыша в изучаемых вариантах при данном температурном режиме происходил различным образом.

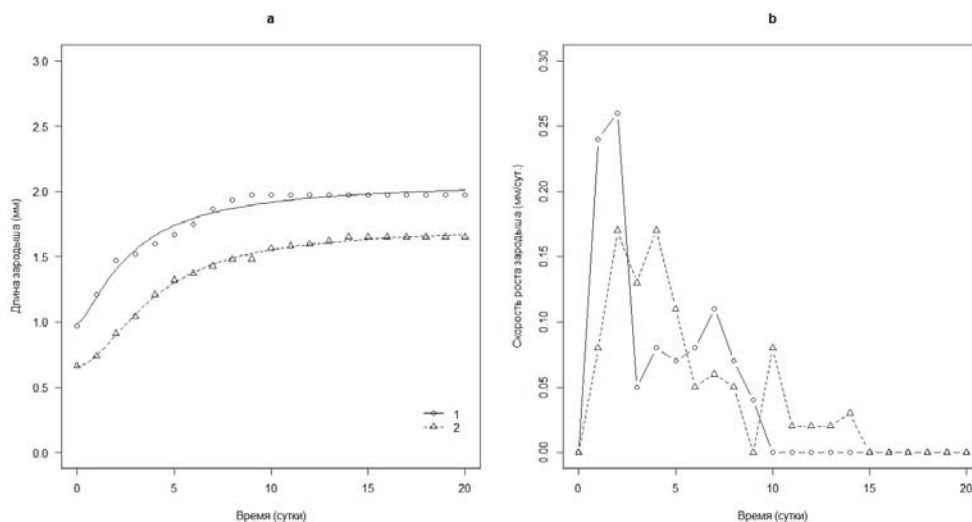


Рис. 1. Влияние порядка ветвления на: а – кумулятивный рост зародыша; б – скорость роста зародыша

На рисунке 1б показаны кривые скорости роста зародыша в семенах укропа в зависимости от места формирования на материнском растении. Кривые скорости показывают, что рост зародыша в изучаемых вариантах происходил с непостоянной скоростью. Выявлены несколько максимумов кривых роста зародыша в изучаемых вариантах. Для зародышей в семенах первого порядка максимум скорости

до начала прорастания приходился на вторые сутки проращивания и колебался в пределах от 0,24 до 0,26 мм/сутки. После чего происходил спад интенсивности роста и колебание скорости в пределах 0,04–0,08 мм/сутки. Для зародышей в семенах второго порядка характерно несколько пиковых значений скорости роста. Так, первое пиковое значение скорости выявлено на 3 сутки проращивания, при этом

скорость роста зародыша составила 0,17 мм/сутки. Второе пиковое значение скорости до начала прорастания отмечено на 5 сутки проращивания. Скорость роста зародыша при этом находилась в пределах 0,17 мм/сутки. Из графика видно, что в процессе роста зародыша популяции изучаемых семян выявлены еще несколько пико-

вых значений и лаг периодов.

**Влияние места формирования на процесс прорастания семян.** В данном эксперименте мы изучали процесс прорастания семян в динамике и на основе полученных данных рассчитывали параметры модели с использованием лог – логистической регрессии (рис. 2а).

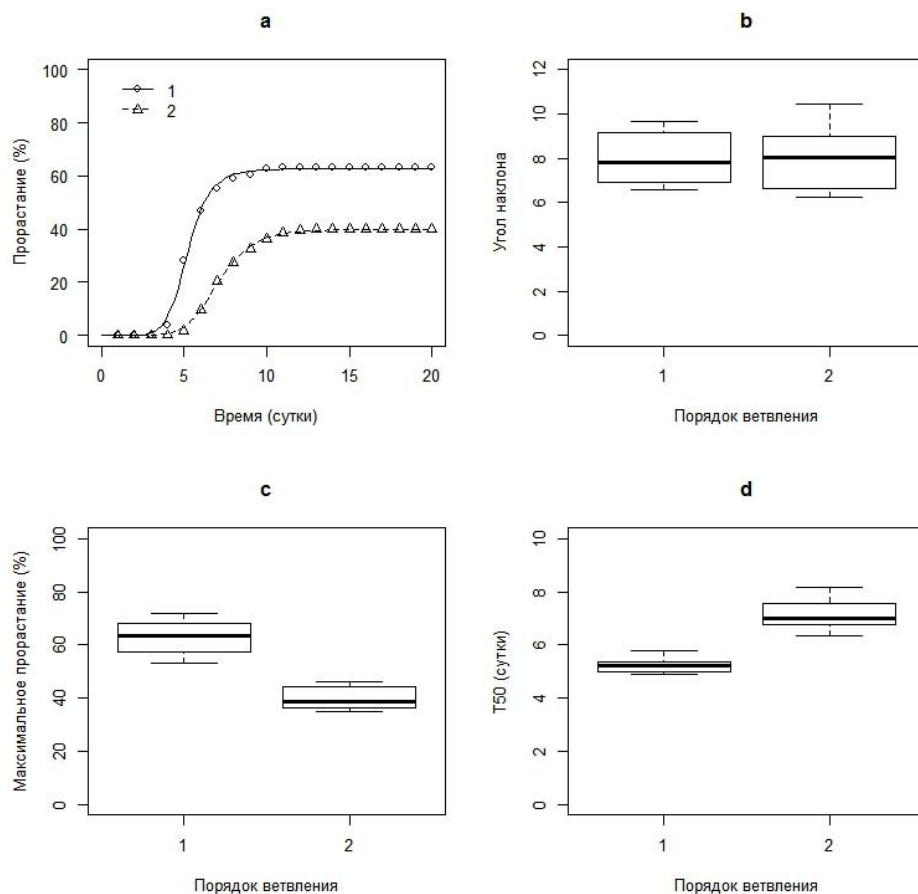


Рис. 2. Влияние порядка ветвления на: а – кривые прорастания семян укропа; б – угол наклона кривой прорастания; с – максимальное прорастание семян; д – время прорастания 50% семян

На графике (рис. 2б) показано влияние порядка ветвления на угол наклона кривых прорастания. При этом разница между порядками по этому

показателю оказалась несущественна:  $0,85 \pm 0,93$  ( $p = 0,4$ ). График показывает (рис. 2д), что у семян, сформированных в зонтиках первого порядка, в 1,36

раза короче срок прорастания половины семян ( $p < 0,001$ ). Аналогичная закономерность выявлена и по показателю максимального прорастания (рис. 2с). Увеличение порядка ветвления снижало количество проросших семян на  $23 \pm 0,79\%$  ( $p < 0,001$ ).

**Обсуждение.** Для зонтичных в зрелых семенах характерно наличие дифференцированных зародышей, однако, определенный процент плодиков имеет недоразвитые зародыши различной степени [4]. Дальнейшее развитие зародыша происходит уже после отделения семени от материнского растения, в процессе прорастивания, и имеет свои особенности [4]. Предполагается, что такой механизм в популяции семян может быть экологически выгодной стратегией для непредсказуемых условий окружающей среды [11; 12; 16].

Литературные данные, показывающие развитие зародыша овощных зонтичных культур после отделения семян от материнского растения, малочисленны. В основном проводились исследования роста зародыша при стратификационных температурах у труднопрорастающих культур [22; 26]. Данных, касающихся освещения этого вопроса у разнокачественных семян укропа, мы не обнаружили. При росте зародыша проходит несколько критических стадий. В этот момент зародыш очень чувствителен к воздействию факторов [5]. Различные условия могут тормозить его рост, что впоследствии может сказаться как на скорости прорастания, так и на количестве проросших семян. Проведенное нами исследование показывает, что в зависимости от порядка ветвления начальные размеры зародыша отли-

чаются ( $p < 0,001$ ). Длина зародышей в семенах первого порядка составила  $0,98 \pm 0,05$  мм, а в семенах второго порядка  $0,66 \pm 0,04$  мм. Нами рассчитано критическое соотношение длины зародыша и эндосперма при прорастании: для первого порядка  $0,72 \pm 0,01$  ( $n = 80$ ;  $\min = 0,49$ ;  $\max = 1,00$ ;  $cv = 13,7\%$ ); для второго порядка  $0,73 \pm 0,01$  ( $n = 80$ ;  $\min = 0,57$ ;  $\max = 0,92$ ;  $cv = 8,8\%$ ). Наши исследования показывают, что для наклевывания семени зародышу необходимо развиться еще минимум на 40–50% от своей первоначальной длины. При прорастании популяции семян первого порядка конечная длина зародышей составляла  $2,08 \pm 0,04$  мм, а для зародышей второго порядка  $1,72 \pm 0,04$  мм.

Место формирования семян на материнском растении оказывает влияние на количество проросших семян. При увеличении порядка ветвления снижается процент проросших семян. Наши исследования показывают, что у семян, сформированных в зонтиках первого порядка, в 1,36 раза короче срок прорастания половины семян ( $T_{50}$ ) ( $p < 0,001$ ). Аналогичная закономерность выявлена и по показателю максимального прорастания. Увеличение порядка ветвления снижает количество проросших семян в 1,58 раза ( $p < 0,001$ ). Полученные нами данные согласуются с проведенными ранее исследованиями на овощных зонтичных [20].

Для полноценного анализа влияния величины зародыша на его рост и развитие мы использовали шкалу соотношения длины зародыша и эндосперма, выделив шесть «классов» развития: 1) 0,0–0,19 (длина зародыша менее 1/4 длины эндосперма, зародыш в стадии сердечка); 2) 0,20–0,29 (длина зароды-

ша 1/4 длины эндосперма, семядоли и корешок равной длины); 3) 0,30-0,39 (длина зародыша около 1/3 от длины эндосперма, имеет выраженные семядоли и корешок); 4) 0,40-0,59 (длина зародыша 1/2 от длины эндосперма, корешок длиннее семядолей); 5) 0,60-

0,79 (длина зародыша 2/3 длины эндосперма); 6) 0,80-1,00 (длина зародыша, почти равная длине эндосперма) [17]. Наши исследования показывают, что зародыши в семенах первого порядка составляют  $0,30 \pm 0,008$ , а в семенах второго порядка  $0,22 \pm 0,007$  (рис. 3).

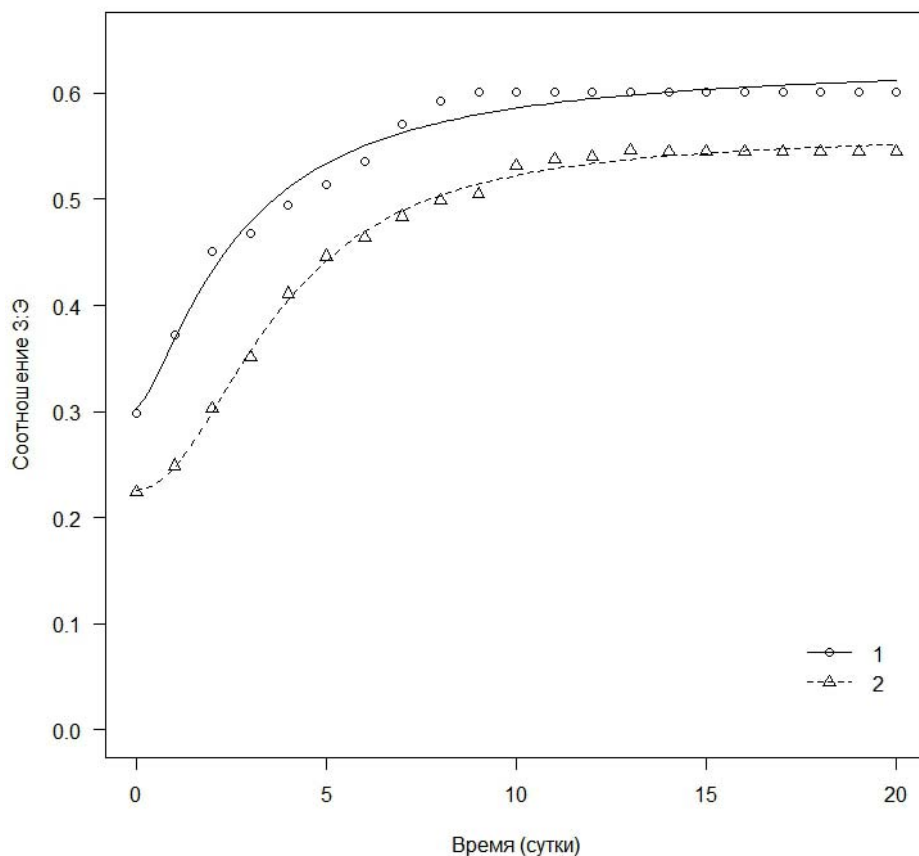


Рис. 3. Развитие зародыша при проращивании семян первого и второго порядка укропа

Зародыши с разных порядков ветвления не только отличаются по физической длине, но и относятся к разным классам развития: зародыши первого порядка – к 3 классу, а зародыши в семенах второго порядка – ко 2 классу. Уже в начале набухания при проращивании семян зародыши с первых порядков

имеют преимущество во времени над зародышами со второго порядка. Как видно из графика на рис. 3, зародыши второго порядка достигают 3 класса развития только к 3 суткам проращивания, в это время зародыши первого порядка достигают соотношения длины 0,45 и относятся к 4 классу развития. Также



крупные семена с первого порядка имеют больше накопленных питательных веществ и ресурсов для поддержания высокого темпа роста зародыша. Учитывая, что в популяции семян второго порядка присутствуют зародыши, относящиеся и к первому классу развития, в связи с высокой степенью варьирования данного признака [2], для роста и развития которых требуются специфические условия, например, постоянная пониженная температура [1]. Возможно это является ключевой причиной снижения качества семян.

### Заключение

Таким образом, наши исследования показывают, что в стандартных контролируемых условиях проращивания

скорость прорастания и количество проросших семян зависят от стадии развития зародыша, формирование которого в свою очередь обусловлено как генетическими факторами, так и экологическими эффектами в процессе репродукции. Выявлены параметры, характеризующие матричную разнокачественность зародыша, индекса длины зародыша / длины эндосперма и семян, основанные на модели лог – логистической регрессии. Полученные параметры, будучи универсальными, могут быть использованы для оценки разнокачественности большинства семян сельскохозяйственных растений.

*Статья поступила в редакцию 23.05.2018*

### ЛИТЕРАТУРА

1. Балеев Д. Н., Бухаров А. Ф. Специфика прорастания семян овощных зонтичных культур при различных температурных режимах // Овощи России. 2012. № 3 (16). С. 38–46.
2. Бухаров А. Ф., Балеев Д. Н., Иванова М. И., Бухарова А. Р. Изменчивость, корреляция и факторы формирования морфологических параметров семян укропа // Овощи России. 2017. № 5. С. 37–41.
3. Грушвицкий И. В., Агнаева Е. Я., Кузина Е. Ф. О разнокачественности зрелых семян моркови по величине зародыша // Ботанический журнал. 1963. Т. 48. № 10. С. 1484 – 1489.
4. Кордюм Е. Л. Цитоэмбриология семейства зонтичных. Киев: Наукова Думка, 1967. 175 с.
5. Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 3: Системы репродукции / Отв. ред. Т. Б. Батыгина. СПб.: Мир и семья, 2000. 639 с.
6. Baskin C. C., Baskin J. M. Seeds – Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego: Academic Press, 1998. 666 p.
7. Baskin J. M., Lu J. J., Baskin C. C., Tan D. Y. The necessity for testing germination of fresh seeds in studies on diaspore heteromorphism as a life-history strategy // Seed Science Research. 2013. Vol. 23 (Iss. 2). Pp. 83–88.
8. Bewley J. D., Black M. The Physiology and Biochemistry of Seeds. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 375 p.
9. Cheplick G. P. Plasticity of chasmogamous and cleistogamous reproductive allocation in grasses // *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*. 2007. Vol. 23. Pp. 286–294.
10. Datta S. C., Evenari M., Gutterman Y. The heteroblasty of *Aegilops ovata* L. // *Israel Journal of Botany*. 1970. Vol. 19. Pp. 463–483.
11. Dyer A. R., Brown C. S., Espeland E. K. The role of adaptive transgenerational plasticity in biological invasions of plants // *Evol. Appl.* 2010. Vol. 3. Pp. 179–192.

12. Galloway L.F., Etterson J.R., McGlothlin J.W. Contribution of direct and maternal genetic effects to life history evolution // *New Phytologist*. 2009. Vol. 183. Pp. 826–838.
13. Gharoobi B. Effects of Seed size on seedlings characteristics of five barley cultivars // *Iranian Journal of Plant Physiology*. 2011. Vol. 1, no 4. Pp. 265–270.
14. Hendrix S.D. Variation in seed weight and its effects on germination in *Pastinaca sativa* L. (Umbelliferae) // *Am. J. Bot.* 1984. Vol. 71. Pp. 795–802.
15. International rules for seed testing. Bassersdorf (Switzerland): International Seed Testing Association, 2014. 117 p.
16. Lerner P.D., Bai Y., Morici E.F.A. Does seed heteromorphism have different roles in the fitness of species with contrasting life history strategies? // *Botany*. 2008. Vol. 86. Pp. 1404–1415.
17. Necaeva J., Ievinsh G. Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae) // *Estonian Journal of Ecology*. 2013. Vol. 62 (no 2). Pp. 1–12.
18. Nik M.M., Babaeian M., Tavassoli A. Effect of seed size and genotype on germination characteristic and seed nutrient content of wheat // *Sci. Res. Essays*. 2011. Vol. 6 (no 9). Pp. 2019–2025.
19. Ning L., Hua-Feng L., Zun-Chi L., Zheng-Xia C. Specificity of germination of heteromorphic seeds in four annuals (*Salsola* L.) at different temperatures in the Junggar Basin // *Pak. J. Bot.* 2015. Vol. 47 (no 3). Pp. 867–876.
20. Panayotov N. Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant // *Folia Horticulturae*. 2010. Vol. 22 (no 1). Pp. 25–30.
21. Ritz C., Baty F., Streibig J.C., Gerhard D. Dose-response analysis using R // *PLOS ONE*. 2015. Vol. 10 (no. 12). Pp. 1–13.
22. Scholten M., Donahue J., Shaw N.L., Serpe M.D. Environmental regulation of dormancy loss in seeds of *Lomatium dissectum* (Apiaceae) // *Annals of Botany*. 2009. Vol. 103. Pp. 1091–1101.
23. Souza M. L., Fagundes M. Seed size as key factor in germination and seedling development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) // *American Journal of Plant Sciences*. 2014. Vol. 5. Pp. 2566–2573.
24. Thomas T.H., Biddington N.L., O'Toole D.F. Relationship between position on the parent plant and dormancy characteristics of seeds of three cultivars of celery (*Apium graveolens*) // *Physiol. Plant*. 1979. Vol. 45. Pp. 492–496.
25. Van Molken T., Jorritsma-Wienk L.D., Van Hoek P.H.W., De Kroon H. Only seed size matters for germination in different populations of the dimorphic *Tragopogon pratensis* subsp. *pratensis* (Asteraceae) // *American journal of botany*. 2005. Vol. 92 (no. 3). Pp. 432–437.
26. Vandeloek F., Bolle N., Van Assche J. A. Morphological and physiological dormancy in seeds of *Aegopodium podagraria* (Apiaceae) broken successively during cold stratification // *Seed Science Research*. 2009. Vol. 19. Pp. 115–123.
27. Venable D.L., Burquez A.M., Corral G., Morales E., Espinosa F. The ecology of seed heteromorphism in *Heterosperma pinnatum* in central Mexico // *Ecology*. 1987. Vol. 68. Pp. 65–76.
28. Venudevan B., Srimath P. Influence of seed polymorphism on physical, physiological and biochemical seed quality characters of endangered medicinal tree Bael (*Aegle marmelos* (L.) corr.) // *Sci. Res. Essays*. 2013. Vol. 8 (no 30). Pp. 1413–1419.
29. Wang H.L., Wang L., Tian C.Y., Huang Z.Y. Germination dimorphism in *Suaeda acuminata*: A new combination of dormancy types for heteromorphic seeds // *S. Afr. J. Bot.* 2012. Vol. 78. Pp. 270–275.

## REFERENCES

1. Baleev D.N., Bukharov A.F. [Specificity of seed germination of umbrella vegetable crops at different temperature regimes]. In: *Ovoshchi Rossii*, 2012, no. 3 (16), pp. 38–46.
2. Bukharov A.F., Baleev D.N., Ivanova M.I., Bukharova A.R. [Variability, correlation and factors of formation of the morphological parameters of dill seeds]. In: *Ovoshchi Rossii*, 2017, no. 5, pp. 37–41.
3. Grushvitskii I.V., Agnaeva E.Ya., Kuzina E.F. [Diversity of mature carrot seeds by embryo size]. In: *Botanicheskii zhurnal*, 1963, vol. 48, no. 10, pp. 1484–1489.
4. Kordyum E.L. *Tsitoebrriologiya semeistva zontichnykh* [Cytoembryology of Umbelliferae]. Kiev, Naukova Dumka Publ., 1967. 175 p.
5. *Embriologiya tsvetkovykh rastenii. Terminologiya i kontseptsii. T. 3: Sistemy reproduktivsii / Ot v. red. T.B. Batygina* [Embryology of flowering plants. The terminology and concepts. Vol. 3: Reproductive System / Edited by T.B. Batygina]. SPb., Mir i sem'ya Publ., 2000. 639 p.
6. Baskin C.C., Baskin J.M. *Seeds – Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego: Academic Press, 1998. 666 p.
7. Baskin J.M., Lu J.J., Baskin C.C., Tan D.Y. The necessity for testing germination of fresh seeds in studies on diaspore heteromorphism as a life-history strategy. In: *Seed Science Research*, 2013, vol. 23 (iss. 2), pp. 83–88.
8. Bewley J.D., Black M. *The Physiology and Biochemistry of Seeds*. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 375 p.
9. Cheplick G. P. Plasticity of chasmogamous and cleistogamous reproductive allocation in grasses. In: *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany*, 2007, vol. 23, pp. 286–294.
10. Datta S.C., Evenari M., Gutterman Y. The heteroblasty of *Aegilops ovata* L. In: *Israel Journal of Botany*, 1970, vol. 19, pp. 463–483.
11. Dyer A.R., Brown C.S., Espeland E.K. The role of adaptive transgenerational plasticity in biological invasions of plants. In: *Evol. Appl.*, 2010, vol. 3, pp. 179–192.
12. Galloway L.F., Etterson J.R., McGlothlin J.W. Contribution of direct and maternal genetic effects to life history evolution. In: *New Phytologist*, 2009, vol. 183, pp. 826–838.
13. Gharoobi B. Effects of Seed size on seedlings characteristics of five barley cultivars. In: *Iranian Journal of Plant Physiology*, 2011, vol. 1, no 4, pp. 265–270.
14. Hendrix S.D. Variation in seed weight and its effects on germination in *Pastinaca sativa* L. (Umbelliferae). In: *Am. J. Bot.*, 1984, vol. 71, pp. 795–802.
15. *International rules for seed testing*. Bassersdorf (Switzerland): International Seed Testing Association, 2014. 117 p.
16. Lerner P.D., Bai Y., Morici E.F.A. Does seed heteromorphism have different roles in the fitness of species with contrasting life history strategies? In: *Botany*, 2008, vol. 86, pp. 1404–1415.
17. Necaieva J., Ievinsh G. Seed dormancy and germination of an endangered coastal plant *Eryngium maritimum* (Apiaceae). In: *Estonian Journal of Ecology*, 2013, vol. 62 (no. 2), pp. 1–12.
18. Nik M.M., Babaeian M., Tavassoli A. Effect of seed size and genotype on germination characteristic and seed nutrient content of wheat. In: *Sci. Res. Essays*, 2011, vol. 6 (no. 9), pp. 2019–2025.
19. Ning L., Hua-Feng L., Zun-Chi L., Zheng-Xia C. Specificity of germination of heteromorphic seeds in four annuals (*Salsola* L.) at different temperatures in the Junggar Basin. In: *Pak. J. Bot.*, 2015, vol. 47 (no. 3), pp. 867–876.
20. Panayotov N. Heterogeneity of carrot seeds depending on their position on the mother plant. In: *Folia Horticulturae*, 2010, vol. 22 (no. 1), pp. 25–30.

21. Ritz C., Baty F., Streibig J.C., Gerhard D. Dose-response analysis using R. In: *PLOS ONE*, 2015, vol. 10 (no. 12), pp. 1–13.
22. Scholten M., Donahue J., Shaw N. L., Serpe M. D. Environmental regulation of dormancy loss in seeds of *Lomatium dissectum* (Apiaceae). In: *Annals of Botany*, 2009, vol. 103, pp. 1091–1101.
23. Souza M. L., Fagundes M. Seed size as key factor in germination and seedling development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). In: *American Journal of Plant Sciences*, 2014, vol. 5, pp. 2566–2573.
24. Thomas T.H., Biddington N.L., O'Toole D.F. Relationship between position on the parent plant and dormancy characteristics of seeds of three cultivars of celery (*Apium graveolens*). In: *Physiol. Plant*, 1979, vol. 45, pp. 492–496.
25. Van Molken T., Jorritsma-Wienk L. D., Van Hoek P. H. W., De Kroon H. Only seed size matters for germination in different populations of the dimorphic *Tragopogon pratensis* subsp. *pratensis* (Asteraceae). In: *American journal of botany*, 2005. Vol. 92 (no 3), pp. 432–437.
26. Vandeloos F., Bolle N., Van Assche J. A. Morphological and physiological dormancy in seeds of *Aegopodium podagraria* (Apiaceae) broken successively during cold stratification. In: *Seed Science Research*, 2009, vol. 19, pp. 115–123.
27. Venable D.L., Burquez A.M., Corral G., Morales E., Espinosa F. The ecology of seed heteromorphism in *Heterosperma pinnatum* in central Mexico. In: *Ecology*, 1987, vol. 68, pp. 65–76.
28. Venudevan B., Srimath P. Influence of seed polymorphism on physical, physiological and biochemical seed quality characters of endangered medicinal tree Bael (*Aegle marmelos* (L.) corr.) In: *Sci. Res. Essays*, 2013, vol. 8 (no. 30), pp. 1413–1419.
29. Wang H.L., Wang L., Tian C.Y., Huang Z.Y. Germination dimorphism in *Suaeda acuminata*: A new combination of dormancy types for heteromorphic seeds. In: *S. Afr. J. Bot.* 2012. Vol. 78, pp. 270–275.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Бухаров Александр Фёдорович* – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», Московская область, Раменский район, д. Веряя;  
e-mail: afb56@mail.ru

*Балеев Дмитрий Николаевич* – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», Московская область, Раменский район, д. Веряя;  
e-mail: dbaleev@gmail.com

*Иванова Мария Ивановна* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства Всероссийского научно-исследовательского института овощеводства – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», Московская область, Раменский район, д. Веряя;  
e-mail: ivanova170@mail.ru

*Бухарова Альмира Рахметовна* – доктор сельскохозяйственных наук, профессор агрономического факультета Российского государственного аграрного университета, г. Балашиха;  
e-mail: mail@rgazu.ru

*Разин Олег Анатольевич* – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник селекционно-семеноводческого центра Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства», Одинцовский район, пос. ВНИИССОК;  
e-mail: oleg.rasin@gmail.com

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

*Aleksandr F. Bukharov* – Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Department of Breeding and Seed Production, All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing, Branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Vegetable Growing";  
e-mail: afb56@mail.ru

*Baleev Dmitry Nikolaevich* – PhD in Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Department of Breeding and Seed Production, All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing, Branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Vegetable Growing";  
e-mail: dbaleev@gmail.com

*Ivanova Maria Ivanovna* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Principal Researcher of the Department of Breeding and Seed Production, All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing, Branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Vegetable Growing";  
e-mail: ivanova170@mail.ru

*Bukharova Almira Rakhmetovna* – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Faculty of Agronomy, Russian State Agricultural University;  
e-mail: mail@rgazu.ru

*Razin Oleg Anatolevich* – PhD in Agricultural Sciences, Principal Researcher of the Seed Selection and Production Center, Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center of Vegetable Growing";  
e-mail: oleg.rasin@gmail.com

---

#### ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Иванова М.И., Бухарова А.Р., Разин О.А. Анализ изменчивости параметров прорастающих семян укропа, характеризующих их разнокачественность // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 3. С. 125–137.  
DOI: 10.18384/2310-7189-2018-3-125-137

#### FOR CITATION

Bukharov A., Baleev D., Ivanova M., Bukharova A., Razin O. Analysis of the Variability of the Parameters of Germinating Seeds of Dill, Characterizing Their Quality. In: *Bulletin of the Moscow State Regional University, Series: Natural Sciences*, 2018, no. 3, pp. 125–137.  
DOI: 10.18384/2310-7189-2018-3-125-137