

СПЕЦИФИКА ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ОВОЩНЫХ ЗОНТИЧНЫХ КУЛЬТУР ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМАХ

Балеев Д.Н. – кандидат с.-х. наук, н.с. отдела семеноводство и семеноведение,
Бухаров А.Ф. – доктор с.-х. наук, зав. лаб. селекция капустных культур

ГНУ «Всероссийский НИИ овощеводства» Россельхозакадемии
140153, Московская обл., Раменский р-н., д. Верея, стр. 500
E-mail: baleev.dmitry@yandex.ru

Изучено влияние температуры при прорастании семян некоторых видов овощных зонтичных культур. При этом различные культуры поразному реагируют на температурный фактор: изменяется число суток до наступления максимальной скорости прорастания (в зависимости от культуры и температуры составляет 7,6 – 22,8 суток) и доля проросших семян (7 – 88 %). Изучено действие температуры на рост зародыша в семенах изучаемых культур. В зависимости от температуры скорость роста зародыша варьирует от 0,02 до 0,15 мм/сут. у различных изучаемых культур. Проанализирован показатель «степень недоразвития зародыша» (СНЗ), который характеризует морфо – анатомические особенности зародыша, изменяется от 13 до 52%. Рассчитан температурный коэффициент (Q_{10}) для скорости прорастания семян овощных зонтичных культур, он составляет 1,23 – 1,82.

Ключевые слова: семена, зародыш, прорастание семян, зонтичные, температура, температурный коэффициент (Q_{10}), степень недоразвития зародыша (СНЗ)

Введение

До сих пор не раскрыто множество тайн, связанных с прорастанием семян, этого, на первый взгляд, очень простого явления. Однако, если мысленно окинуть взором все разнообразие существующих форм семян и плодов, необычные и причудливые проявления (физиологическая карликовость зародыша, вивипария семян, глубокий физиологический покой семян и др.), имеющие место при прорастании, становится понятным, почему продвижение к поставленной цели идет так медленно. Новейшие исследования в области физиологии, биохимии и молеку-

лярной биологии прорастания семян привели к ряду открытий. В корневых выделениях растений обнаружены стриголактоны (группа веществ, способных стимулировать прорастание семян растения паразита стриги) – вещества, которые сегодня рассматриваются как новый класс гормонов растений [17, 28]. Последние исследования показали, что стриголактоны могут влиять на баланс гормонов АБК/ГК, ответственных за состояние покоя в семенах [27]. Из частиц дыма, образующегося при сгорании органического материала, выделены каррикины – вещества, способные стимулировать прорастание семян ши-

рокого спектра растений [16, 18, 23]. Большая роль в исследованиях уделяется явлению аллелопатии и аллелопатическим веществам, оказывающим влияние на индукцию покоя и прорастание семян [3, 4, 24].

Прорастание семян – сложный биологический процесс, который, несмотря на последние открытия, все еще остается во многом, не познан. Сложность процесса прорастания семян определяется не только тем, что он сопряжен с многочисленными последовательно проявляющимися морфолого-анатомическими и физиолого-биохимическими явлениями, но и пото-

му, что на него оказывает сильное влияние обширный комплекс внешних факторов. Все воздействия, регулирующие процесс прорастания, называются факторами прорастания, которые замедляя или ускоряя биохимические превращения, вызывают глубокие изменения в физиологических процессах, определяющих характер и скорость прорастания семян. Факторы, запускающие прорастание – это периодически действующие факторы окружающей среды, стимулирующие или ингибирующие прорастание [11]. Наиболее важными факторами регулирующими прорастание семян являются влажность, температура, аэрация, а также освещение.

Н.В. Обручева и О.В. Антипова [9] выделяют три группы условий, под действием которых начинается прорастание: *готовность* структурных, метаболических и информационных показателей осевых органов зародыша, закладывающихся в процессе формирования семени; *возможность* прорастания, определяющаяся внешними факторами (аэрация, температура); *триггер*, в основе которого лежит процесс насыщения семени водой, а превышение порогового уровня оводненности приводит к запуску различных систем метаболизма в семени. Прорастание семян связано с различными гидролитическими и синтетическими химическими реакциями. Происходит активизация гидролитических ферментов, которые активно синтезируются в прорастающем семени, и превращают полимеры в простые молекулы, которые используются для роста и развития зародыша. Одновременно ферменты увеличивают осмотический и водный потенциал семени, что придает корешку зародыша силы для того, чтобы прорвать механическую преграду, создаваемую семенной кожурой [5]. Решающее значение при этом имеет температура, ока-

зывающая влияние на биохимические процессы, определяющие скорость прорастания. Ф. Габерландт установил три кардинальные точки температуры – минимальная, оптимальная и максимальная [11]. При оптимальной температуре в кратчайшее время можно добиться наибольшего количества проростков. Минимальная и максимальная температура прорастания – это самая низкая и самая высокая температура, при которой возможно прорастание [14]. Колебания температуры, которые обычно имеют место в природе, для многих семян могут быть благоприятны, что проявляется в увеличении всхожести и скорости прорастания, или просто необходимы для того, чтобы прорастание произошло. Положительную реакцию на переменные температуры можно рассматривать как приспособительную функцию, выработанную в процессе эволюции. Несмотря на понимание экологической целесообразности такого свойства семян, физиологические причины этого процесса еще не раскрыты [12].

Период прорастания семян представляет особый интерес для исследователя своей теоретической и практической перспективностью. Недостаток информации относительно прорастания семян в различных температурных условиях, является серьезным препятствием при разработке современных эффективных физиологических и биохимических методов повышения активности семян. Актуальность обсуждаемой проблемы подтверждается тем, что сегодня проводятся исследования, посвященные детальному изучению влияния температурного фактора на прорастание семян различных растений [13, 15, 25]. В своих ранее опубликованных работах мы представили данные исследований влияния температуры при прорастании свежееубран-

ных и разновозрастных семян овощных зонтичных культур [1, 2]. Целью данных исследований является изучить специфику влияния температурного фактора на рост зародыша в период прорастания и на процесс прорастания не покоящихся семян различных видов овощных зонтичных культур.

Материалы и методы

Исследования проводили в ГНУ ВНИИО. Объектом исследований являлись семена укропа (сорт Кентавр), моркови (сорт Рогнеда), петрушки корневой (сорт Любаша), сельдерея корневого (сорт Купидон), любистока лекарственного (сорт Дон Жуан), кориандра (сорт Янтарь) и пастернака (сорт Кулинар), хранившиеся в течение 1 года в лабораторных условиях.

Изучение динамики прорастания семян исследуемых культур проводили на разных температурных фонах, в т. ч.: $t = +20^{\circ}\text{C}$ (ст); $t = +3^{\circ}\text{C}$; $t = +30^{\circ}\text{C}$; $t = +3^{\circ}\text{C}$ (8 час.) / $+20^{\circ}\text{C}$ (16 час.), при этом другие факторы: влажность, аэрация, свет (все варианты проращивали без доступа света) были равнозначны. Повторность опыта трехкратная, в каждой повторности исследовали 100 шт. семян. Число суток до наступления максимальной скорости прорастания семян рассчитывали по G. Gassner [7], температурный коэффициент (Q10) для скорости прорастания семян рассчитывали по формуле Вант-Гоффа.

Измерения длины зародыша во время прорастания проводили с помощью микроскопа «Микромед» при 40-кратном увеличении, с использованием программы Score Photo. Повторность опыта трехкратная, в каждой повторности исследовали не менее 10 шт. семян. Статистический и математический анализ осуществляли по Б.А. Доспехову [6] и с использованием пакета программ Statistica 8.0.

Результаты и их обсуждение

Для всех семян, не находящихся в состоянии покоя, существует диапазон температур, в которых они способны прорасти [22]. Концепция кардинальных температур, т.е. минимальной, оптимальной и максимальной имеет интересные аспекты. За пределами оптимальных температур, под действием которых прорастает подавляющее большинство семян, все больше видов неспособно прорасти. Температура выше максимальной обычно считается стрессовой, тогда как температура ниже минимальной не рассматривается в этом качестве. Однако у различных видов и сортов повреждения семян могут вызываться и высокими, и низкими температурами [19].

Как показали наши исследования, развитие зародыша в семенах различных овощных зонтичных культур при проращении идет поразному, в зависимости от действия температурного фактора (рис. 1).

Под влиянием постоянной положительной температуры ($t = +20^{\circ}\text{C}$) скорость роста зародыша в первые сутки после постановки семян на проращивание характеризуется резким скачком, при этом она достигает 0,10 – 0,29 мм/сут. в зависимости от изучаемой культуры. Последующий анализ роста зародыша в семенах моркови, сельдерея корневого, пастернака, любистока лекарственного и кориандра показывает, что скорость резко снижается до 0,02 – 0,08 мм/сут., после чего наблюдается постепенное повышение интенсивности роста зародыша. Темпы роста зародыша в семенах петрушки корневой и укропа, напротив, остаются стабильными в течение периода набухания и удерживаются в пределах 0,18 и 0,20 мм/сут. соответственно, что определяет наступление проращивания.

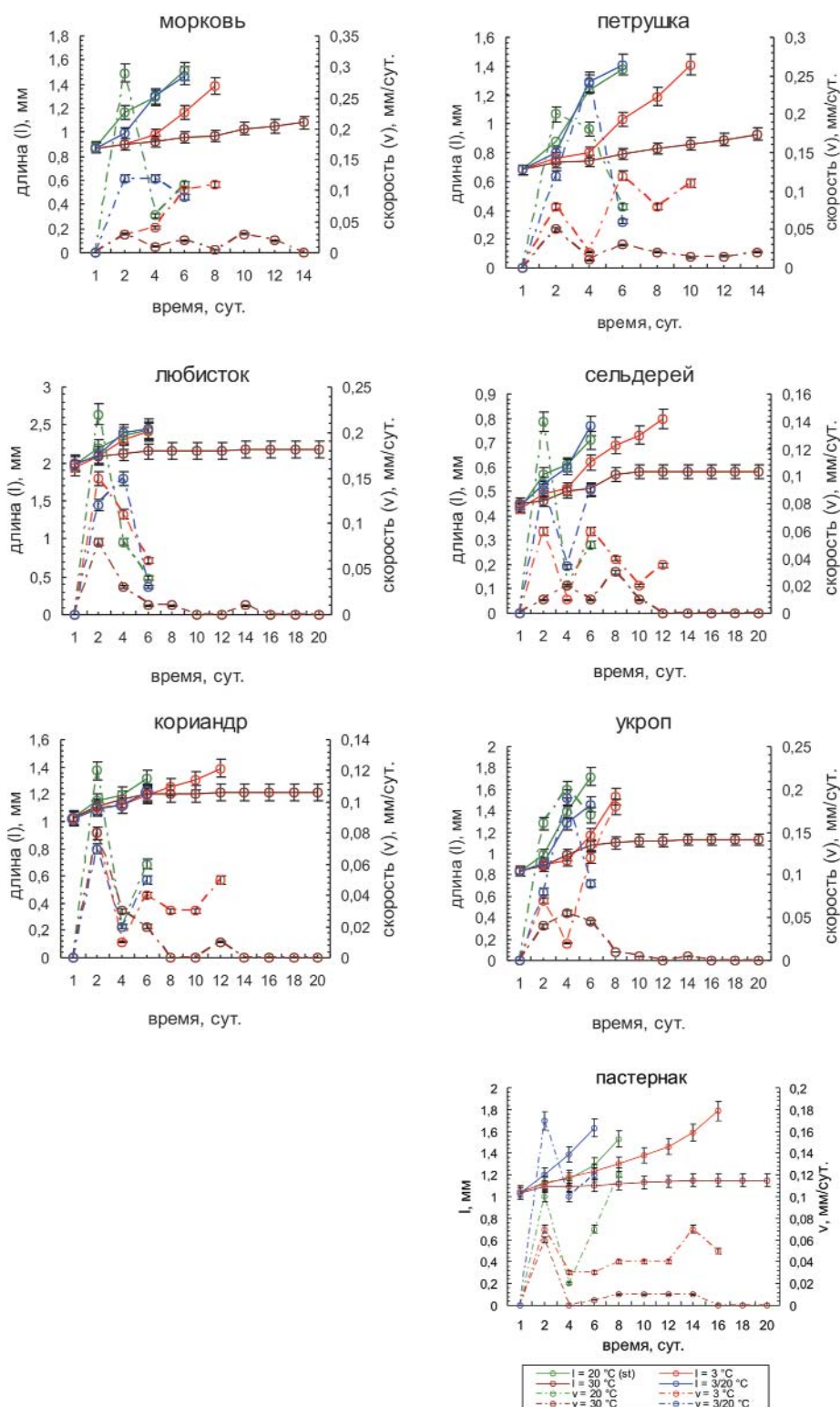


Рис. 1. Рост зародыша в процессе проращивания семян овощных зонтичных культур при различных температурных режимах проращивания

Нами выявлено, как влияет пониженная температура на рост зародыша в семенах при проращивании. Развитие зародыша в семенах из-

учаемых культур под действием постоянной пониженной температуры ($t = +3^{\circ}\text{C}$) происходит с меньшей интенсивностью по сравнению со стандартом. В первые сутки после постановки семян на проращивание интенсивность роста зародыша резко возрастает у всех изучаемых культур, скорость роста зародыша при этом составляет: 0,04 мм/сут. –

СЕМЕНОВОДСТВО И СЕМЕНОВЕДЕНИЕ ОВОЩНЫХ РАСТЕНИЙ

у моркови; 0,06 мм/сут. – у сельдерея корневого; 0,08 мм/сут. – у петрушки корневой; 0,07 мм/сут. – у пастернака; 0,08 мм/сут. – у кориандра; 0,07 мм/сут. – у укропа и 0,15 мм/сут. – у любистока лекарственного. Рост зародыша у разных видов овощных зонтичных культур при температурном режиме $t = +3^{\circ}\text{C}$ и $t = +20^{\circ}\text{C}$ происходит аналогичным образом, однако, при $t = +3^{\circ}\text{C}$ происходит резкое снижение скорости роста зародыша после первых суток проращивания и последующее постепенное увеличение интенсив-

ности роста зародыша вплоть до наступления прорастания.

Ингибирующее действие на рост зародыша у всех изучаемых овощных зонтичных культур оказывает постоянная высокая температура ($t = +30^{\circ}\text{C}$). Уже в начальный период проращивания темпы роста зародыша очень низкие, особенно у семян сельдерея корневого, при этом скорость роста зародыша составляет 0,01 мм/сут. В течение десяти суток проращивания отмечен слабый скачкообразный рост зародыша сельдерея корневого. После

этого интенсивность роста резко падает, и зародыш прекращает рост. Зародыш семян моркови и петрушки корневой в течение 10 – 14 суток проращивания развивается со скоростью 0,02 – 0,05 мм/сут., однако, достигая размеров полости эндосперма, рост зародыша останавливается и через некоторое время он погибает. У семян укропа, пастернака, любистока лекарственного и кориандра рост зародыша происходит схожим между собой образом. Особенностью роста зародыша у этой группы культур явля-

1. Прорастание семян овощных зонтичных культур в зависимости от температурного режима проращивания

Культура	Характеристика процесса прорастания				Прорастание семян (max), %
	начало прорастания, сутки	полное прорастание, сутки	число суток до наступления тах скорости прорастания семян, сутки	средняя скорость роста зародыша до наступления прорастания, мм/сутки	
$t = +20^{\circ}\text{C}$ (ст)					
морковь	3	13	7,6±0,7	0,15±0,004	78
укроп	3	14	7,8±0,3	0,14±0,004	72
сельдерей	5	17	10,8±0,4	0,05±0,006	58
петрушка	4	18	11,1±0,9	0,14±0,005	68
пастернак	8	23	15,0±1,2	0,06±0,006	60
любисток	5	16	9,2±0,6	0,10±0,004	63
кориандр	4	17	9,4±0,2	0,04±0,003	66
НСР ₀₅	-	-	-	-	3,1
$t = +3^{\circ}\text{C}$					
морковь	9	25	15,2±0,4	0,07±0,008	75
укроп	9	23	15,0±1,7	0,09±0,007	62
сельдерей	13	32	22,8±0,8	0,03±0,004	76
петрушка	11	29	19,6±0,7	0,07±0,004	69
пастернак	16	33	25,1±0,2	0,05±0,004	70
любисток	6	19	12,6±0,4	0,08±0,007	60
кориандр	13	31	22,1±1,4	0,04±0,003	56
НСР ₀₅	-	-	-	-	4,3
$t = +30^{\circ}\text{C}$					
морковь	-	-	-	-	-
укроп	15	27	17,6±0,6	0,006±0,0008	7
сельдерей	-	-	-	-	-
петрушка	-	-	-	-	-
пастернак	-	-	-	-	-
любисток	10	29	22,7±0,8	0,02±0,004	17
кориандр	6	31	20,3±0,4	0,02±0,005	4
НСР ₀₅	-	-	-	-	2,2
$t = +3^{\circ}\text{C}$ (8 час.) / $+20^{\circ}\text{C}$ (16 час.)					
морковь	4	15	10,1±0,3	0,09±0,004	79
укроп	5	15	11,0±1,1	0,11±0,005	88
сельдерей	6	17	10,3±0,3	0,06±0,007	83
петрушка	5	16	9,9±0,4	0,15±0,009	82
пастернак	7	19	13,3±0,8	0,10±0,004	79
любисток	5	17	11,3±0,1	0,11±0,004	55
кориандр	7	23	14,9±0,9	0,03±0,004	57
НСР ₀₅	-	-	-	-	3,3

СЕМЕНОВОДСТВО И СЕМЕНОВЕДЕНИЕ ОВОЩНЫХ РАСТЕНИЙ

ется высокая скорость в первые сутки проращивания (0,06 – 0,08 мм/сут.) и последующее замедление роста зародыша, вплоть до полной остановки.

Использование переменной температуры при проращивании семян овощных зонтичных культур в ряде случаев положительно влияет на рост зародыша. При этом у всех изучаемых культур начальная скорость роста зародыша достигает максимальных пределов по сравнению с другими температурными режимами (до 0,24 мм/сут. – петрушка корневая; 0,19 мм/сут. – укроп) и сопровождается началом прорастания семян.

Динамика прорастания семян разных видов овощных культур на исследуемых температурных режимах проращивания имеет свои особенности. Следует отметить, что в условиях постоянной положительной температуры ($t = +20^{\circ}\text{C}$) прорастание происходит у всех изучаемых культур. Однако характер и скорость прорастания отличаются. Группа культур, в которую входят: морковь, укроп, кориандр, сельдерей корневой, петрушка корневая и любисток лекарственный начинают прорастать на 3 – 5 суток после постановки на проращивание. При этом полное прорастание в этой группе отмечено на 13 – 18 сутки. Число суток до наступления максимальной скорости прорастания семян у указанных культур варьирует от $7,6 \pm 0,7$ до $9,4 \pm 0,2$ суток. Быстрее, при указанной температуре проращивания, прорастают семена моркови и укропа – $7,6 \pm 0,7$ и $7,8 \pm 0,3$ суток, при этом доля проросших семян находится на уровне 78 и 72 % соответственно. Наступление максимальной скорости прорастания у любистока лекарственного и кориандра происходит на $9,2 \pm 0,6$ и $9,4 \pm 0,2$ суток с долей проросших семян 63 и 66% соответственно. Прорастание семян пет-

рушки корневой и сельдерея корневого происходит с меньшей скоростью, а процент проросших семян составляет 68 и 58 % соответственно. Из изучаемых культур, семена пастернака, под действием постоянной повышенной температурой ($t = +20^{\circ}\text{C}$) прорастают медленнее всех. Прорастание наступает на 8 сутки, а полное прорастание отмечено на 23 сутки, при этом число суток до наступления максимальной скорости прорастания, в этом варианте, составляет $15,0 \pm 1,2$ суток (табл. 1).

Воздействуя на семена овощных зонтичных культур постоянными пониженными температурами ($t = +3^{\circ}\text{C}$) наблюдается задержка их прорастания. Наиболее сильно реагируют на этот режим температуры семена сельдерея корневого, кориандра и пастернака, число суток до наступления максимальной скорости прорастания у них составляет: $22,8 \pm 0,8$; $22,1 \pm 1,4$ и $25,1 \pm 0,2$ суток соответственно. При этом сельдерей корневой и пастернак увеличивают процент прорастания семян, по сравнению со стандартным температурным режимом ($t = +20^{\circ}\text{C}$), на 18 и 10 % соответственно. Кориандр снижает свою всхожесть до 56 %. Задержка прорастания семян моркови, укропа и, особенно, любистока лекарственного, менее значительна, число суток до наступления максимальной скорости прорастания составляет: $15,2 \pm 0,4$; $15,0 \pm 1,7$ и $12,6 \pm 0,4$ суток. Однако у всей группы этих культур доля проросших семян при постоянной пониженной температуре снижается по сравнению со стандартом и составляет: у моркови 75, у укропа – 62 и у любистока лекарственного – 60 %.

Постоянная повышенная температура без доступа света ($t = +30^{\circ}\text{C}$) оказывает резко тормозящее действие на способность семян к прорастанию. Прорастание семян

отмечено только у укропа, любистока лекарственного и кориандра, процесс прорастания очень растянут, а процент проросших семян не высок. Начало прорастания семян укропа отмечено на 15 сутки, любистока лекарственного – на 10 сутки, а кориандра – на 6 сутки. Доля проросших семян указанных культур находится на низком уровне: 7; 17 и 4 % соответственно. Семена сельдерея корневого и пастернака при $t = +30^{\circ}\text{C}$ не прорастают, а зародыш в семенах петрушки корневой и моркови, как уже отмечалось выше, погибает.

На фоне переменных температур ($t = +3/20^{\circ}\text{C}$) прорастание семян происходит у всей группы изучаемых культур. При этом скорость прорастания по сравнению со стандартным режимом проращивания ($t = +20^{\circ}\text{C}$) несколько снижается и составляет: у моркови – $10,1 \pm 0,3$; у укропа – $11,0 \pm 1,1$; у сельдерея корневого – $10,3 \pm 0,3$; у любистока – $11,3 \pm 0,1$ и у кориандра – $14,9 \pm 0,9$ суток. Семена петрушки корневой и пастернака при переменной температуре прорастают быстрее по сравнению с другими температурными режимами, число суток до наступления максимальной скорости прорастания составляет $9,9 \pm 0,4$ и $13,3 \pm 0,8$ суток соответственно. Следует отметить, что переменные температуры благоприятно воздействуют на способность семян моркови, укропа, сельдерея корневого, петрушки корневой и пастернака прорастать, процент проросших семян увеличивается по сравнению со стандартным температурным режимом проращивания до 79; 88; 83; 82 и 79 % соответственно. Семена любистока лекарственного и кориандра под действием чередования температур снижают долю проросших семян на 8 и 9 % соответственно.

Нами проанализирована степень недоразвития зародыша, которую

мы понимаем как отношение величины, на которую увеличился зародыш в процессе прорастания к средней длине зародыша, при которой началось прорастание семян, выраженное в процентах. Расчет показателя степень недоразвития зародыша (СНЗ) следует осуществлять по формуле:

$$СНЗ = \frac{П - Н}{П} \times 100$$

СНЗ – степень недоразвития зародыша, %; П – средняя длина зародыша при которой началось прорастание, мм; Н – начальная длина зародыша, мм.

В наших исследованиях степень недоразвития зародыша у различных овощных зонтичных культур варьирует в зависимости от температурного режима проращивания (табл. 2).

2. Степень недоразвития зародыша (СНЗ) семян овощных зонтичных культур

Это связано с тем, что величина «длина зародыша при прорастании» изменяется в различных температурных условиях. Например, длина зародыша при наступлении прорастания у моркови, при температуре $t = +20^{\circ}\text{C}$, минимальна и составляет $1,17 \pm 0,02$ мм, а при $t = +3^{\circ}\text{C}$ максимальна – $1,39 \pm 0,04$ мм, что отражается на показателе СНЗ. То же касается и других изучаемых культур в опыте. Следует отметить, что зародыш любистока лекарственного и кориандра, по сравнению с другими изучаемыми культурами, имеет низкую СНЗ, в зависимости от температуры она изменяется от 17 до 18 и от 13 до 26 % соответственно. У таких культур как петрушка корневая и пастернак выявлена высокая СНЗ, она варьирует от 31 до 41 и от 45 до 52 % соответственно. Зародыш в семенах сельдерея корневого, при температуре $t = +20^{\circ}\text{C}$, имеет степень недоразвития 28%, однако, при пониженной и переменной температуре СНЗ возрастает до 45 и 43%. Интересен

факт того, что пониженная температура значительно увеличивает СНЗ, особенно у таких культур как пастернак (41%), сельдерей корневой (45%), укроп (46%) и петрушка корневая (52%).

Корреляционный и регрессионный анализ взаимосвязи параметра СНЗ с некоторыми показателями качества семян выявляет высокую положительную зависимость у всех изучаемых культур (табл. 3).

Влияние степени недоразвития зародыша на показатель «число суток до наступления максимальной скорости прорастания семян» значительно, при этом коэффициент корреляции варьирует от 0,815 до 0,996. Однако взаимосвязь между указанными параметрами у сельдерея корневого находится на среднем уровне ($r = 0,561$). Проведенные исследования показывают, что СНЗ является важным показателем, характеризующим морфо-анатомические особенности зародыша, который следует учитывать при изучении прорастания семян

Культура	Начальная длина зародыша, мм	Средняя длина зародыша, при которой наступает прорастание, мм			Степень недоразвития зародыша (min - max), %
		t = +3°C	t = +20°C (st)	t = +3/+20°C	
морковь	0,88±0,006	1,39±0,04	1,17±0,02	1,22±0,02	25-37
укроп	0,83±0,006	1,53±0,05	1,39±0,04	1,46±0,03	40-46
сельдерей	0,44±0,010	0,80±0,07	0,61±0,03	0,77±0,02	28-45
петрушка	0,68±0,006	1,41±0,04	1,23±0,02	1,29±0,05	45-52
пастернак	1,05±0,005	1,79±0,02	1,53±0,02	1,63±0,09	31-41
любисток	1,97±0,040	2,41±0,02	2,36±0,06	2,39±0,08	17-18
кориандр	1,03±0,006	1,39±0,02	1,19±0,04	1,21±0,04	13-26

СЕМЕНОВОДСТВО И СЕМЕНОВЕДЕНИЕ ОВОЩНЫХ РАСТЕНИЙ

3. Корреляционный и регрессионный анализ связи СНЗ с основными показателями качества семян

Начало прорастания	Полное прорастание	Число суток до наступления тах скорости прорастания семян
морковь		
0,983 (F _ф = 133,3; F _т = 1,7) y = -10,1 + 0,51x	0,931 (F _ф = 131,3; F _т = 1,7) y = -13,1 + 1,03x	0,996 (F _ф = 134,5; F _т = 1,7) y = -7,6 + 0,62x
укроп		
0,982 (F _ф = 27,0; F _т = 1,7) y = -37,3 + 1,0x	0,912 (F _ф = 5,0; F _т = 1,7) y = -47,2 + 1,51x	0,988 (F _ф = 243,0; F _т = 1,7) y = -40,3 + 1,20x
сельдерей		
0,679 (F _ф = 0,69; F _т = 1,7) y = -4,3 + 0,32x	0,590 (F _ф = 0,89; F _т = 1,7) y = 0,73 + 0,55x	0,561 (F _ф = 0,92; F _т = 1,7) y = -1,91 + 0,43x
петрушка		
0,989 (F _ф = 44,6; F _т = 1,7) y = -43,2 + 1,04x	0,911 (F _ф = 4,9; F _т = 1,7) y = -63,9 + 1,77x	0,923 (F _ф = 5,7; F _т = 1,7) y = -51,5 + 1,35x
пастернак		
0,811 (F _ф = 2,1; F _т = 1,7) y = -18,5 + 0,80x	0,693 (F _ф = 0,93; F _т = 1,7) y = -11,0 + 1,00x	0,963 (F _ф = 12,8; F _т = 1,7) y = -41,4 + 1,59x
любисток		
0,500 (F _ф = 0,33; F _т = 1,7) y = -3,5 + 0,50x	0,756 (F _ф = 1,11; F _т = 1,7) y = -18,0 + 2,0x	0,925 (F _ф = 6,0; F _т = 1,7) y = -37,6 + 2,75x
кориандр		
0,875 (F _ф = 3,27; F _т = 1,7) y = -5,23 + 0,68x	0,818 (F _ф = 2,02; F _т = 1,7) y = 4,71 + 0,98x	0,815 (F _ф = 2,43; F _т = 1,7) y = -1,66 + 0,89x

овощных зонтичных культур.

С чем же связано такое влияние температур на прорастание семян? Чем объяснить, что одни семена прорастают при низких температурах с высокой скоростью и большим числом проросших семян, а другим необходимы высокие температуры? Предположительно это связано с различным оптимумом активности ферментов и физико-химическими особенностями белков в семенах. Для одного и того же фермента у разных культур, оптимум температуры наибольшей активности лежит в пределах 26...57 °С. Он изменяется от условий выращивания и сортовых особенностей. Температурный диапазон может быть несколько расширен путем селекции или же эколого-физиологическими воздействиями в период созревания семян. Поступление воды в семена – необходимое усло-

вие для начала обмена веществ в семенах. Но для их прорастания нужна такая температура, при которой могли бы проявить свою активность ферменты, находящиеся в семенах. В значительной степени этим объясняется то обстоятельство, что прорастание различных семян происходит при разных температурных условиях [19].

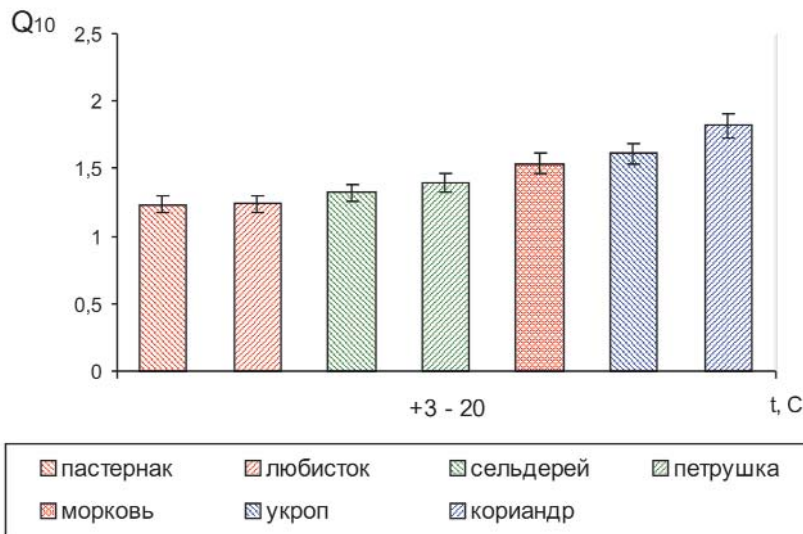
В сельскохозяйственной практике наиболее желательна та температура, при которой вся жизнеспособная популяция семян будет прорастать с наибольшей скоростью. Субминимальные и сверхмаксимальные температуры не всегда повреждают семена. В некоторых случаях прорастание при экстремальных температурах имеет место, когда есть возможность его быстрого завершения. При увеличении температуры прорастания выше оптимальной процент прораста-

ния семян начинает снижаться, хотя скорость прорастания какое – то время растет. Высокая температура повышает скорость протекания многих биохимических процессов, приводящих к прорастанию. Это происходит в семенах, в которых биохимические процессы запущены и хорошо скоординированы. В тех семенах, где такая координация нарушается, прорастание не происходит [20].

Нами рассчитан температурный коэффициент (Q₁₀) для скорости прорастания семян, который показывает как изменяется скорость прорастания семян при повышении температуры на 10°С по сравнению с первоначальной (рис. 2).

Расчеты показывают, что при увеличении температуры прорастания с 3 до 20°С скорость прорастания семян изучаемых культур увеличивается, при этом темпера-

Рис. 2. Температурный коэффициент (Q₁₀) для скорости прорастания семян



турный коэффициент варьирует от 1,23 до 1,82 в зависимости от культуры. Максимальное увеличение скорости прорастания семян отмечено у кориандра – 1,82; укропа – 1,61 и моркови – 1,54. Слабее на повышение температуры реагируют семена пастернака (1,23), любистока лекарственного (1,24) и сельдерея корневого (1,32).

При приближении температуры к максимальной, скорость прорастания постепенно снижается. Эти явления согласуются с концепцией высокотемпературных повреждений, которые могут быть устранены предоставлением недостающего (израсходованного) фактора, его заместителя или же соединения, способствующего образованию этого фактора. Однако, природа стресса, обусловленного постоянной температурой пока неизвестна, как и потребность семян в постоянной температуре для прорастания, что является достаточно редким явлением [26].

При пониженной температуре у некоторых семян тормозится работа ферментов гидролизующих запасные вещества и синтезирующих новые, необходимые для прорастания [10]. Действие низких температур на семена связывается с увеличением содержания гиббе-

реллиноподобных веществ. Само по себе воздействие пониженными температурами не увеличивает содержание гиббереллина, оно активизирует механизмы запуска синтеза гиббереллина, тогда как образование ГК происходит при повышенной температуре [8].

Изучение обмена веществ в недоразвитых семенах, которые характерны для многих видов овощных зонтичных культур, находящихся в условиях пониженных температур показало, что в них усиливается процесс распада запасных веществ эндосперма и стимулируются процессы синтеза нуклеотидов, гиббереллинов, ауксинов, белков и др. соединений в зародыше [10]. Разные партии семян одной разновидности могут прорасти при разных минимальных температурах, и высказано предположение, что величина температурного минимума может быть функцией зрелости зародыша [21].

Благоприятное действие переменных температур связано с усилением поступления воды и кислорода в семена, активизацией ферментов, для которых необходима более высокая температура, а также усиление биосинтеза фитогормонов. При переменной температуре прорастание происходит нор-

мально. Это связано с нейтрализацией продуктов обмена, накапливающихся в семенах при более высокой температуре ингибирующей прорастание семян [10].

Заключение

Температура является важнейшим фактором определяющим прорастание семян овощных зонтичных культур. При этом различные представители зонтичных культур отличаются специфической реакцией на воздействие температурного фактора при проращивании.

Исследования показали, что при постоянной температуре семена сельдерея корневого, пастернака и петрушки корневой обеспечили лучшую всхожесть при $t = +3^{\circ}\text{C}$ и еще больше повышали ее при переменной температуре $t = +3/20^{\circ}\text{C}$. Остальные культуры имели максимум проросших семян при температуре $t = +20^{\circ}\text{C}$. При этом укроп и морковь также положительно реагировали на переменную температуру.

Проращивание в течение 15 суток при температуре $t = +30^{\circ}\text{C}$ показало, что семена моркови и петрушки корневой погибают не прорастая. Семена пастернака и сельдерея корневого сохраняют жизнеспособность, но признаков прорастания не отмечено. Только укроп, кориандр и любисток лекарственный имели незначительное (4-17%) число проросших семян.

Размер зародыша, при котором начинается прорастание семян, изменяется в пределах от 0,61 (сельдерей корневой) до 2,41 (любисток лекарственный) мм, скорость роста зародыша варьирует от 0,02 до 0,15 мм/сут, а степень недоразвития зародыша перед началом анализа составляет 13-52 %. На эти показатели существенное влияние оказывают особенности изучаемых культур, так и температурный фактор, действующий во время проращивания.

Литература

1. Балеев Д. Н., Бухаров А. Ф. Биология формирования и прорастания семян укропа // Овощи России, 2012. № 1 (14). С. 54 – 60.
2. Балеев Д. Н., Бухаров А. Ф., Бухарова А. Р. Анализ параметров качества семян укропа разной степени зрелости // Вестник Башкирского ГАУ, 2012. № 2 (22). С. 5 – 7.
3. Балеев Д. Н., Бухаров А. Ф. Возникновение индуцированного покоя у семян *Brassica chinesis* var. *Jaropica* под воздействием комплекса аллелопатически активных веществ // Овощи России, 2011. №3. С. 34 – 38.
4. Бухаров А. Ф., Балеев Д. Н. Водный экстракт плодов укропа как фактор, индуцирующий покой семян горчицы сарептской и капусты японской // Известия ОГАУ, 2012. 4 (36). С. 225 – 229.
5. Дженн Р. К., Амен Р. Д. Что такое прорастание? // Физиология и биохимия покоя и прорастания семян. – М.: Колос, 1982. С. 19 – 44.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
7. Леманн Е., Айхеле Ф. Физиология прорастания семян злаков // пер. с нем. В. А. Бриллиант, М. Ф. Лиленштерн. – М.: Сельхозгиз, 1936. 489 с.
8. Николаева М. Г., Лянгузова И. В., Поздова Л. М. Биология семян. – СПб: НИИ химии, 1999. 232 с.
9. Обручева Н. В., Антипова О. В. Физиология начала прорастания семян; теоретические и прикладные аспекты // Международная научно – практическая конференция «Семя». М.: Икар, 1999. С. 105 – 107.
10. Овчаров К.Е. Физиологические основы всхожести семян. – М.: Наука, 1969. 279 с.
11. Строна И. Г. Общее семеноведение полевых культур. – М.: Колос, 1966. 464 с.
12. Хайдекер У. Стресс и прорастание семян: агрономическая точка зрения // Физиология и биохимия покоя и прорастания семян. – М.: Колос, 1982. С. 273 – 319.
13. Basbag M., Toncer O., Basbag S. Effects of different temperatures and duration on germination of caper (*Capparis ovata*) seeds // Journal of Environmental Biology, 2009. Vol. 30 (4). pp. 621 – 624.
14. Bewley J. D., Black M. Physiology and biochemistry of seeds. – N. Y.: Spring Verlag., 1982. Vol. 2. 375 p.
15. Buriro M., Oad F. C., Keerio M. I. Wheat seed germination under the influence of temperature regimes // Sarhad J. Agric., 2011. Vol. 27 (4). pp. 541 – 543.
16. Chiwocha D. S. Karrikins: a new family of plant growth regulators in smoke // Plant Sci., 2009. Vol. 177. pp. 252 – 256.
17. Cook C. E., Whichard L. P., Turner B., Wall M. E., Egley G. H. Germination of witch weed (*Striga lutea* Lour): Isolation and properties of a potent stimulant // Science, 1966. Vol. 154. pp. 1189 – 1190.
18. Dixon K. W., Merritt D. J., Flematti G. R., Ghisalberti E. L. Karrikinolide – A phytoactive compound derived from smoke with applications in horticulture, ecological restoration, and agriculture // Acta Hort., 2009. Vol. 813. pp. 155 – 170.
19. Hardwick R. C. The emergence and early growth of French and runner beans (*Phaseolus vulgaris* L. and *Phaseolus coccineus* L.) sown on different dates // J. Hort. Sci., 1972. Vol. 47. pp. 395-410.
20. Harper J. L., Benton R. A. The behavior of seeds in soil. Part 2. The germination of seeds on the surface of a water supplying substrate // J. Ecol., 1966. Vol. 54. pp. 151 – 166.
21. Hegarty T. W. Temperature sensitivity of germination in carrots: its frequency of occurrence and response to seed advancement // J. Hort. Sci., 1973. Vol. 48. pp. 43 – 50.
22. Hegarty T. W. Temperature relations of germination in the field // Seed ecology. London: Butterworths, 1973. pp. 411 – 432.
23. Nelson D. C., Flematti G. R., Ghisalberti E. L., Dixon K. W. Regulation of seed germination and seedling growth by chemical signals from burning vegetation // Annu. Rev. Plant Biol., 2012. Vol. 63. pp. 107 – 130.
24. Oracz K., Voegelé A., Tarkowska D., Jacquemoud D. Myrigalone A inhibits *Lepidium sativum* seed germination by interference with gibberellin metabolism and apoplastic superoxide production required for embryo extension growth and endosperm rupture // Plant & Cell Physiology, 2012. Vol. 53. pp. 81 – 95.
25. Sikder S., Paul N. K. Study of influence of temperature regimes on germination characteristics and seed reserves mobilization in wheat // African Journal of Plant Science, 2010. Vol. 4 (10). pp. 401 – 408.
26. Thompson P. A. Effects of fluctuating temperatures on germination // J. Exp. Bot., 1974. Vol. 25. pp. 164 – 175.
27. Toh S., Kamiya Y., Kawakami N., Nambara E., McCourt P. Thermoinhibition uncovers a role for strigolactones in Arabidopsis seed germination // Plant & Cell Physiology, 2012. Vol. 53. pp. 107 – 117.
28. Xie X., Yoneyama K., Yoneyama K. The strigolactone story // Annu. Rev. Phytopathol., 2010. Vol. 48. pp. 93 – 117.