



Растениеводство Crop production

DOI: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-239-252

EDN NPVHAA

УДК 633.854.78:630*181.8

Научная статья / Research article

Влияние погодно-климатических факторов на онтогенез подсолнечника в условиях Оренбургской области

Н.М. Назарова  , Д.Г. Федорова 

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Российская Федерация

 nazarova-1989@yandex.ru

Аннотация. Описано влияние изменчивости некоторых климатических параметров в течение вегетационного сезона на выращивание подсолнечника (*Helianthus annuus* L.) в Оренбургской области. Показано, что рост и развитие *Helianthus annuus* L. существенно зависит как от влажности, так и от температуры окружающей среды, однако количество этих параметров меняется со временем из-за изменения климата, которое является фактическим и продолжающимся. Ввиду этого, одним из принципов агрономии становится выявление взаимосвязей фаз фенологического развития в контексте изменчивости погодных условий, что позволяет оценить меры, направленные на адаптацию подсолнечника в конкретной зоне возделывания, своевременное принятие которых создаст возможность управления восприимчивостью сельскохозяйственного сектора и прогнозировать урожайность. Исследование основано на регистрации восьми фенологических фаз от момента посева до сбора урожая в течении трех лет и оценке влияния погодных факторов конкретного сезона как на онтогенез культуры в целом, так и на продолжительность каждой фенологической фазы в частности. По результатам наблюдений установлено, что продолжительность вегетации *Helianthus annuus* L. 'Посейдон 625' в погодно-климатических условиях Оренбуржья составляет в среднем 99 дней и определяется сроками от закладки первой и второй пар настоящих листьев до формирования семян. Достоверно определены фенологические периоды, требующие максимального увлажнения, — от посева до появления всходов и от цветения до налива семян ($r = 0,9$, уровень значимости — 90%). Данные, полученные в ходе исследования, могут использоваться фермерами и агро-

© Назарова Н.М., Федорова Д.Г., 2025

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

номами для определения оптимальных сроков посева семян масличных культур не только в Оренбуржье, но и в каждом конкретном регионе, занимающимся их производством.

Ключевые слова: *Helianthus annuus* L., вегетация, фенология, погода, климат

Вклад авторов: авторы внесли равноценный вклад в получение и обработку результатов исследования, написание статьи.

Финансирование. Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда № 23-76-10060, <https://rscf.ru/project/23-76-10060/>

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи: поступила в редакцию 16 октября 2024 г., принята к публикации 18 ноября 2024 г.

Для цитирования: Назарова Н.М., Федорова Д.Г. Влияние погодно-климатических факторов на онтогенез подсолнечника в условиях Оренбургской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2025. Т. 20. № 2. С. 239–252. doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-239-252 EDN: NPVHAA

The influence of climatic factors on sunflower ontogenesis in conditions of the Orenburg region

Natalia M. Nazarova  , Daria G. Fedorova 

Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation

 nazarova-1989@yandex.ru

Abstract. The effect of the variability of certain climatic parameters during the growing season on the cultivation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the Orenburg region was studied. It was shown that the growth and development of *Helianthus annuus* L. are significantly influenced by both humidity and temperature, but the amount of these parameters changes over time due to the ongoing climate change. In this regard, one of the principles of agronomy is to identify relationships between the phases of phenological development in the context of changing weather conditions. It allows to assess the measures aimed at adapting sunflower to a specific cultivation zone. Timely implementation of these measures will enable us to manage the susceptibility of the agricultural sector and predict crop yields. The present study is based on registration of eight phenological phases from sowing to harvesting for three years and assessment of the influence of weather factors of a particular season on both ontogenesis of the crop in general and duration of each phenological phase in particular. According to the results of observations, it was found that the duration of *Helianthus annuus* L. cv. 'Poseidon 625' vegetation in climatic conditions of Orenburg region was on average 99 days and is determined by the timing from the formation of the first and second pairs of true leaves to seed formation. The phenological periods requiring maximum moisture were determined — from sowing to germination and from flowering to seed filling ($r = 0.9$, the significance level is 90%). The data obtained during the study can be used by farmers and agronomists to determine the optimal timing of sowing oilseeds not only in Orenburg region, but also in each specific region engaged in their production.

Key words: *Helianthus annuus* L., vegetation, phenology, weather, climate

Authors' contribution. All authors contributed equally to obtaining and processing the research results presented in this manuscript.

Funding. The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 23-76-10060, <https://rscf.ru/project/23-76-10060>

Conflict of interests. The authors declared no conflict of interests.

Article history: received 16 October 2024; accepted 18 November 2024.

For citation: Nazarova NM, Fedorova DG. The influence of climatic factors on sunflower ontogenesis in conditions of the Orenburg region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2025;20(2):239–252. (In Russ.). doi: 10.22363/2312-797X-2025-20-2-239-252 EDN: NPVHAA

Введение

Сельское хозяйство сталкивается с «идеальным штормом» изменения климата, ростом стоимости удобрений и спроса на продовольствие со стороны населения. Эти факторы указывают на глобальный дефицит продовольствия, если эффективность и устойчивость производства сельскохозяйственных культур не будут повышены. Интенсификация сельского хозяйства сосредоточена на улучшении производства в оптимизированных условиях со значительными агрономическими затратами. Кроме того, интенсивное выращивание ограниченного числа культур резко сужает число видов растений, на которые полагаются люди. Требуется новая сельскохозяйственная парадигма, увеличивающая разнообразие культур, стабильность их урожайности и устойчивость к окружающей среде [1].

При повышении устойчивости сельскохозяйственных культур к последствиям изменения климата акцент делают на последствия изменчивости распределения осадков и температур, включая экстремальные погодные явления. Фермеры сталкиваются с неизбежными рисками, высаживая сорта, которые обеспечивают высокую урожайность и хорошее качество только при оптимальных условиях среды. Селекционеры и агрономы работают над поддержкой фермеров в конкретных целевых средах, но возросшая изменчивость климата означает, что необходимо расширить приспособляемость выращиваемых сортов и повысить стабильность урожайности, чтобы помочь минимизировать риски, вызванные климатом, и повысить устойчивость [2, 3].

Подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) выращивается как масличное, фито-ремидиационное и декоративное растение, считается видом, не поддающимся культивированию *in vitro* [4, 5].

Изменения климата, вызванные естественными причинами или деятельностью человека, представляют угрозу для производства масличных культур во всем мире. Последние достижения в понимании их чувствительности к погоде, климату и уровням определенных газов в атмосфере указывают на то, что влияние этих факторов на урожайность и качество может быть более серьезным, чем считалось ранее. Появляется все больше информации о важности для урожайности наличия экстремальных температур, в частности засухи, на ключевых этапах онтогенеза растений [6–9].

Сельское хозяйство само по себе оказывает значительное влияние на климатическую систему, поэтому необходимо более глубокое понимание обратных связей. Для моделирования изменчивости и изменения климата, а также прогнозирования того, как сельскохозяйственные культуры будут реагировать на различные климатические переменные, требуются сложные модели. Если можно будет сделать прогнозы вероятности возникновения таких событий на предстоящий сезон или гораздо ранее, то можно будет предпринять сельскохозяйственные и другие общественные меры реагирования [10, 11].

Цель исследования — оценка влияния погодно-климатических факторов на онтогенез подсолнечника в условиях Оренбургской области.

Материалы и методы исследования

Объект исследования — *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’ (рис. 1).



Рис. 1. *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’ (фаза цветения)

Источник: составлено Н.М. Назарова.

Fig. 1. *Helianthus annuus* L. cv. ‘Poseidon 625’ (flowering stage)

Source: taken by N.M. Nazarova.

Сорт раннего срока созревания, засухоустойчив. Урожайность на уровне среднего стандарта¹. С недавнего времени возделывается на территории Оренбуржья, особенности онтогенеза в погодно-климатических условиях региона ранее не изучались.

Климат степной зоны Оренбуржья — резко-континентальный, характеризующийся недостатком осадков в период вегетации сельскохозяйственных культур [12]. Полевой опыт проводился на базе ботанического сада Оренбургского государственного университета (ОГУ) в период 2021–2023 гг. Почвы опытного участка представлены черноземом обыкновенным среднегумусным среднесильнозасоленным. Опытные делянки — трехрядные, повторность в опытах — трехкратная. Посев осуществлялся в апреле — мае ручной сеялкой с густотой высева около 60 тыс. шт./га.

Фенологические наблюдения, основанные на регистрации восьми фаз вегетации (посев, появление всходов, образование первой и второй пары настоящих листьев, закладка соцветия, цветение, формирование и налив семян), проводились с использованием методики, рекомендованной Минсельхозом РФ², с регистрацией некоторых промежуточных фенофаз, описанных рядом авторов для культуры подсолнечника [13, 14].

Среднесуточные метеорологические данные (температура, осадки, влажность) за каждый вегетационный период получены со стационарной метеостанции, расположенной на территории опытного участка. Расчет уровня влагообеспеченности проведен для каждой фазы онтогенеза по общепринятой формуле расчета ГТК. Интерпретация данных приведена в соответствии со значениями ГТК < 0,5 (условия ирригации) и ГТК > 1 (условия достаточного увлажнения) [15].

Статистическая обработка данных сведена к определению стандартных математических показателей — среднего с ошибкой и коэффициента вариации. Зависимость продолжительности фаз вегетации друг от друга и погодно-климатических условий Оренбуржья определена с применением ранговой корреляции Спирмена с использованием ПО Statistica 10.0.

Результаты исследования и обсуждение

С целью выявления степени влияния погодных условий на онтогенез подсолнечника в условиях Оренбуржья проведена оценка динамики погодных условий за период 2021–2023 гг. по ключевым параметрам: количество осадков, колебания температуры и влажности с мая по сентябрь. Отмечено неравномерное распределение осадков как по годам наблюдений, так и на протяжении ежегодного цикла фенологического развития растений. Максимум осадков, определяющийся на уровне $1,6 \pm 1,5$ мм, регистрировался в мае, минимум — $0,4 \pm 0,6$ — в августе.

¹ Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений. Режим доступа: <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektсионnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteniy-poseydon-625-podsolnechnik> (дата обращения: 06.08.24).

² Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Минсельхоз России, 2019. 329 с.

Изменчивость показателей год от года значительна, что подтверждается высокими коэффициентами вариации. Несмотря на неравномерность выпадения осадков, влажность воздуха остается стабильной ($C_v = 14\%$) и равномерно нарастает до середины вегетации, достигая значения $53,3 \pm 7,7\%$ в июле. Затем в августе, ввиду отсутствия достаточно количества осадков, сопряженного с подъемом температуры атмосферного воздуха до $23,8 \pm 2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, влажность воздуха достигает своего минимума, равного $41,8 \pm 11,4\%$. При этом температура самого жаркого месяца характеризуется низким уровнем изменчивости по годам ($C_v = 9\%$), а влажность воздуха варьирует значительно ($C_v = 30\%$) (рис. 2).

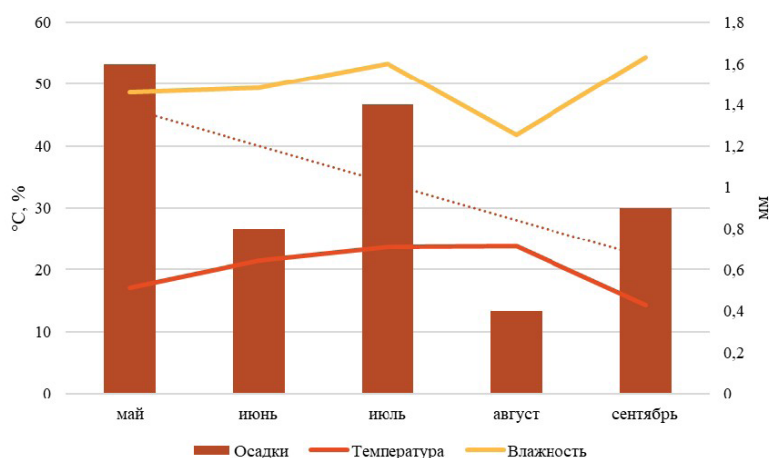


Рис. 2. Динамика погодных условий в период вегетации *Helianthus annuus* L. 'Посейдон 625' (усредненные данные наблюдений 2021–2023 гг.)
Источник: составлено Н.М. Назарова.

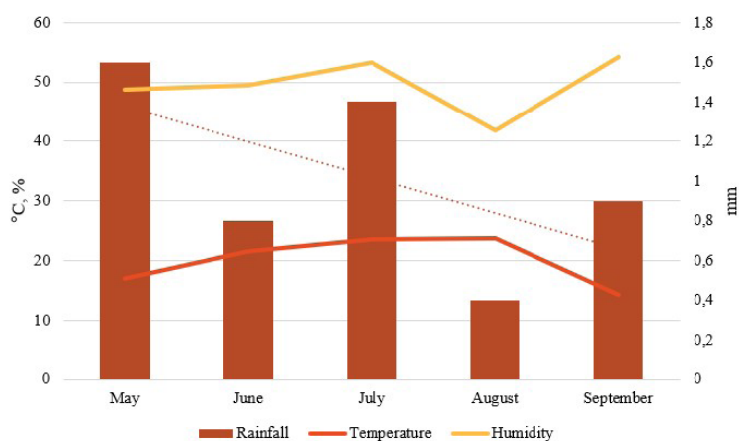


Fig. 2. Dynamics of weather conditions during the growing season of *Helianthus annuus* L. cv. 'Poseidon 625' (average observational data 2021–2023)
Source: compiled by N.M. Nazarova.

С целью определения степени влияния климатических факторов на рост и развитие подсолнечника в условиях Оренбургской области проведены многолетние фенологические наблюдения за ходом вегетации растений от посева до сбора урожая.

На основе регистрации продолжительности межфазных периодов установлено, что количество дней, необходимых для прохождения каждой фазы, варьирует незначительно или в средней степени. Так, от момента посева до появления всходов проходит в среднем около 4 дней. Фаза от образования 2-й пары настоящих листьев до образования соцветия самая длительная по времени и занимает порядка 29 дней.

Значительно варьируют показатели ГТК и суммы осадков по фенофазам, что подтверждается высокими коэффициентами вариации в ряде фаз (от появления всходов до образования второй пары настоящих листьев и от образования соцветия до начала активного цветения) (табл. 1).

Таблица 1

Средние показатели фенологического развития (по продолжительности межфазных периодов) *Helianthus annuus* L. 'Посейдон 625' по данным наблюдений за период 2021–2023 гг.

Период онтогенеза	Продолжительность, дни		Сумма осадков, мм		Сумма активных температур (> +10°), °C		Влажность, %		ГТК		Общий период вегетации	
	Среднее	C _v , %	Среднее	C _v , %	Среднее	C _v , %	Среднее	C _v , %	Среднее	C _v , %	Среднее	C _v , %
Посев – всходы	4,3 ± 1,2	26,7	0,3 ± 0,3	75,5	85,0 ± 21,8	25,6	51,1 ± 5,4	10,7	0,04 ± 0,03	66,1	99,0 ± 17	17,0
Всходы – 1-я пара настоящих листьев	5,0 ± 1,0	20,0	5,3 ± 9,1	70,0	106 ± 27,9	26,3	36,9 ± 7,3	19,7	0,64 ± 1,1	71,0		
1-я пара настоящих листьев – 2-я пара настоящих листьев	5,3 ± 1,2	21,7	8,5 ± 7,5	87,9	106,5 ± 18,6	17,5	55,0 ± 17,2	31,2	0,60 ± 0,1	7,6		
2-я пара настоящих листьев – образование соцветия	29 ± 2,6	9,1	36,1 ± 27,5	76,1	620,4 ± 48,1	7,8	51,9 ± 12,5	24,0	0,62 ± 0,5	84,4		
Образование соцветия – цветение	9,3 ± 3,1	32,7	11,3 ± 15,8	89,4	240,7 ± 58,9	24,5	51,1 ± 12,6	24,6	0,41 ± 0,5	82,0		
Цветение – формирование семян	12,0 ± 2,0	16,7	13,8 ± 12,1	87,5	311,9 ± 26,8	8,6	53,2 ± 9,5	17,8	0,71 ± 0,5	66,1		
Формирование семян – налив семян	10,0 ± 1,0	10,0	9,3 ± 8,1	86,4	252,4 ± 30,2	12,0	51,7 ± 3,8	7,3	0,33 ± 0,3	86,6		
Налив семян – созревание семян	31,3 ± 5,5	17,6	10,4 ± 10,0	96,0	726,1 ± 190,1	26,2	46,2 ± 8,1	17,6	0,04 ± 0,06	78,6		

Источник: составлено Н.М. Назаровой.

Table 1

Average indicators of phenological development (according to the duration of interphase periods) of *Helianthus annuus* L. cv. 'Poseidon 625', 2021–2023

The period of ontogenesis	Duration, days		Total precipitation, mm		Sum of active temperatures (> +10), °C		Humidity, %		Hydrothermal index		Total vegetation period	
	Average	C _v , %	Average	C _v , %	Average	C _v , %	Average	C _v , %	Average	C _v , %	Average	C _v , %
Sowing – germination	4.3±1.2	26.7	0.3±0.3	75.5	85.0±21.8	25.6	51.1±5.4	10.7	0.04±0.03	66.1	99.0±17	17.0
Shoots – 1st pair of true leaves	5.0±1.0	20.0	5.3±9.1	70.0	106±27.9	26.3	36.9±7.3	19.7	0.64±1.1	71.0		
1st pair of true leaves – 2nd pair of true leaves	5.3±1.2	21.7	8.5±7.5	87.9	106.5±18.6	17.5	55.0±17.2	31.2	0.60±0.1	7.6		
2nd pair of true leaves – formation of inflorescence	29±2.6	9.1	36.1±27.5	76.1	620.4±48.1	7.8	51.9±12.5	24.0	0.62±0.5	84.4		
Formation of inflorescence – flowering	9.3±3.1	32.7	11.3±15.8	89.4	240.7±58.9	24.5	51.1±12.6	24.6	0.41±0.5	82.0		
Flowering – seed formation	12.0±2.0	16.7	13.8±12.1	87.5	311.9±26.8	8.6	53.2±9.5	17.8	0.71±0.5	66.1		
Seed formation – filling of seeds	10.0±1.0	10.0	9.3±8.1	86.4	252.4±30.2	12.0	51.7±3.8	7.3	0.33±0.3	86.6		
Filling of seeds – seedmaturation	31.3±5.5	17.6	10.4±10.0	96.0	726.1±190.1	26.2	46.2±8.1	17.6	0.04±0.06	78.6		

Source: compiled by N.M. Nazarova.

Суммы эффективных температур и влажность атмосферного воздуха остаются наиболее стабильными (C_v до 26 %), что позволяет предположить, что ход активной вегетации подсолнечника определяется в большей степени именно этими погодными условиями. Общий срок вегетации изменяется по годам в средней степени значимости (C_v = 17 %) и составляет в среднем 99 дней.

На основании полученных данных о ходе фенологического развития *Helianthus annuus* L. 'Посейдон 625' в условиях Оренбуржья можно определить зависимость между сроками прохождения межфазных периодов и оценить влияние каждого из них на ход вегетативного цикла подсолнечника в целом, а также достоверно оценить влияние погодных-климатических условий на прохождение фаз онтогенеза.

Период посев — всходы определяет срок закладки первой пары настоящих листьев, а также формирование и созревание семян (r = 0,8...0,9, 90 % уровень значимости). От сроков закладки первых настоящих листьев зависит наступление фазы закладки соцветия, цветения и формирования семян. Общая продолжительность вегетации определяется сроками закладки 1-й и 2-й пар настоящих листьев, а также временным промежутком, который необходим для образования соцветия, цветения и формирования семян (r = 0,9, 90 % уровень значимости) (табл. 2).

Таблица 2

**Зависимость продолжительности фенофаз в ходе вегетативного цикла
Helianthus annuus L. 'Посейдон 625' (коэффициент Спирмена)**

Период онтогенеза	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Посев – всходы (1)	1								
Всходы – 1-я пара настоящих листьев (2)	0,9*	1							
1-я пара настоящих листьев – 2-я пара настоящих листьев (3)	-0,5	0,1	1						
2-я пара настоящих листьев – образование соцветия (4)	0,1	0,5	0,9	1					
Образование соцветия – цветение (5)	0,1	0,4	0,8	0,9	1				
Цветение – формирование семян (6)	0,1	0,4	0,8	0,8	0,9	1			
Формирование семян – налив семян (7)	0,9	0,5	-0,9	-0,4	-0,5	-0,4	1		
Налив семян – созревание семян (8)	0,8	0,9	0,1	0,5	0,5	0,3	0,5	1	
Продолжительность вегетации (9)	0,1	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	-0,5	1

Примечание. * – жирным шрифтом выделены статистически значимые величины при $p < 0,1$.

Источник: составлено Д.Г. Федоровой.

Table 2

**Dependence of the duration of phenophases during the vegetative cycle
of *Helianthus annuus* L. cv. 'Poseidon 625' (Spearman coefficient)**

The period of ontogenesis	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Sowing – germination (1)	1								
Shoots – 1st pair of true leaves (2)	0.9*	1							
1st pair of true leaves – 2nd pair of true leaves (3)	-0.5	0.1	1						
2nd pair of true leaves – formation of inflorescence (4)	0.1	0.5	0.9	1					
Formation of inflorescence – flowering (5)	0.1	0.4	0.8	0.9	1				
Flowering – seed formation (6)	0.1	0.4	0.8	0.8	0.9	1			
Seed formation – filling of seeds (7)	0.9	0.5	-0.9	-0.4	-0.5	-0.4	1		
Filling of seeds – seed maturation (8)	0.8	0.9	0.1	0.5	0.5	0.3	0.5	1	
Duration of vegetation (9)	0.1	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	-0.5	1

Note. * – statistically significant values are highlighted in bold at $p < 0.1$.

Source: compiled by D.G. Fedorova.

Усиленное увлажнение необходимо растениям подсолнечника в период посев — всходы при формировании второй пары настоящих листьев, а также от начала цветения до налива семянков ($r = 0,9$, 90% уровень значимости). В период формирование — налив семянков необходимо не только сохранение достаточной влагообеспеченности, но и высокое значение суммы накопленных эффективных температур. В период налив — созревание семянков степень увлажнения как почвенного, так и атмосферного не является определяющим фактором, созревание семянков зависит от суммы накопленных к этому времени активных положительных температур (табл. 3).

Таблица 3
Зависимость продолжительности фаз вегетативного развития *Helianthus annuus* L. 'Посейдон 625' от погодных условий (коэффициент Спирмена)

Фенофазы	Климатические параметры			
	Сумма осадков, мм	Сумма активных температур (> +10°), °C	Влажность, %	ГТК
Посев — всходы	0,9*	0,4	0,9	0,9
Всходы — 1-я пара настоящих листьев	0,3	0,4	0,1	0,2
1-я пара настоящих листьев — 2-я пара настоящих листьев	0,9	0,5	0,4	0,3
2-я пара настоящих листьев — образование соцветия	0,2	0,3	0,9	0,3
Образование соцветия — цветение	0,3	-0,5	0,2	0,4
Цветение — формирование семянков	0,9	-0,6	0,9	0,9
Формирование семянков — налив семянков	0,9	0,9	0,5	0,9
Налив семянков — созревание семянков	-0,9	0,9	0,3	0,6

Примечание. * — жирным шрифтом выделены статистически значимые величины при $p < 0,1$.

Источник: составлено Д.Г. Федоровой.

Table 3
Dependence of the duration of the phases of vegetative development of *Helianthus annuus* L. cv. 'Poseidon 625' on weather conditions (Spearman coefficient)

Phenophases	Climatic parameters			
	Total precipitation, mm	Sum of active temperatures (> +10°), °C	Humidity, %	Hydrothermal index
Sowing — germination	0.9*	0.4	0.9	0.9
Shoots — 1st pair of true leaves	0.3	0.4	0.1	0.2
1st pair of true leaves — 2nd pair of true leaves	0.9	0.5	0.4	0.3

Ending tabl. 3

Phenophases	Climatic parameters			
	Total precipitation, mm	Sum of active temperatures (> +10°), °C	Humidity, %	Hydrothermal index
2nd pair of real leaves – formation of inflorescence	0.2	0.3	0.9	0.3
Formation of inflorescence – flowering	0.3	-0.5	0.2	0.4
Flowering – seed formation	0.9	-0.6	0.9	0.9
Seed formation – filling of seeds	0.9	0.9	0.5	0.9
Filling of seeds – seed maturation	-0.9	0.9	0.3	0.6

* – statistically significant values are highlighted in bold at $p < 0.1$

Source: compiled by D.G. Fedorova.

По средним метеорологическим данным за 2021—2023 гг. построены климатограммы, которые позволяют визуализировать изменения ключевых погодных параметров (осадков и температуры), оказывающих непосредственное влияние на онтогенез подсолнечника в условиях Оренбуржья. Графики, отражающие динамику изменений, позволяют определить критические периоды недостатка увлажнения. За норму увлажнения в каждую фенофазу принят показатель ГТК > 1, интерпретирующийся как «достаточное увлажнение».

Весь период вегетации 2021 г. характеризовался недостаточным увлажнением на всех этапах фенологического развития. Причем фазы, требующие максимального увлажнения и определяющие продолжительность онтогенеза подсолнечника (всходы, закладка первых настоящих листьев), характеризовались условиями ирригации со значением ГТК, равным 0,06 и 0,07 соответственно. Вегетационный период в этом сезоне составил 86 дней. Причем установлено увеличение количества дней от посева до появления первых всходов и снижение продолжительности периода цветения, формирования и созревания семян.

В 2022 г. недостаток увлажнения регистрировался в момент посева и появления всходов и затем от момента закладки соцветия до сбора урожая. Вегетационный период этого сезона составил 118 дней. Удлинение вегетационного цикла произошло за счет увеличения количества дней для фаз от появления всходов до закладки соцветия ввиду достаточного увлажнения.

Вегетационный цикл 2023 г. в целом повторяет тенденцию сезона 2021 г. В фенологические фазы, в которых требовалось достаточное увлажнение, также регистрировался критический недостаток осадков, что сократило период вегетации до 93 дней (рис. 2).

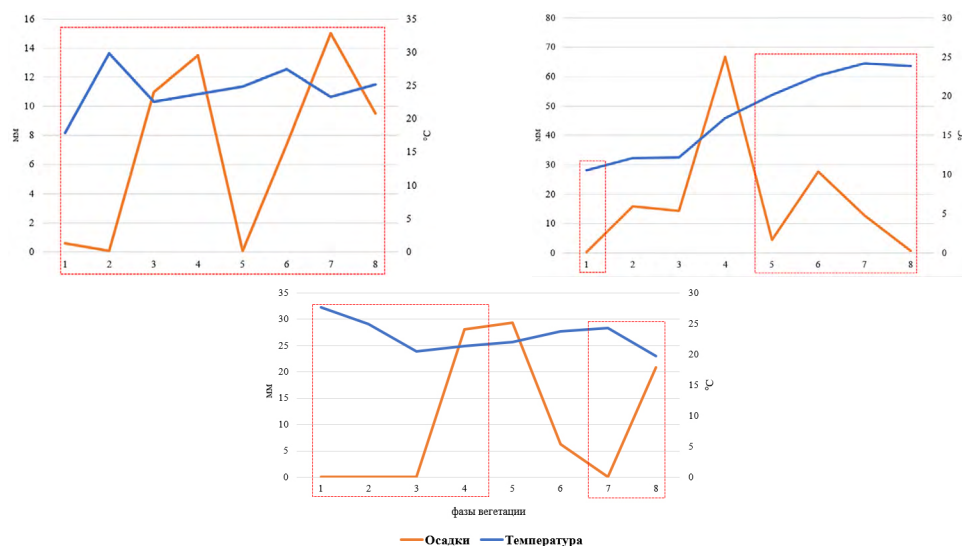


Рис. 2. Климатограммы вегетационных периодов *Helianthus annuus* L. 'Посейдон 625': а – 2021 г.; б – 2022 г.; в – 2023 г; пунктиром выделены критические периоды недостатка влаги; 1 – посев – всходы; 2 – всходы – 1-я пара настоящих листьев; 3 – 1-я пара настоящих листьев – 2-я пара настоящих листьев; 4 – 2-я пара настоящих листьев – образование соцветия; 5 – образование соцветия – цветение; 6 – цветение – формирование семян; 7 – формирование семян – налив семян; 8 – налив семян – созревание семян

Источник: составлено Н.М. Назаровой.

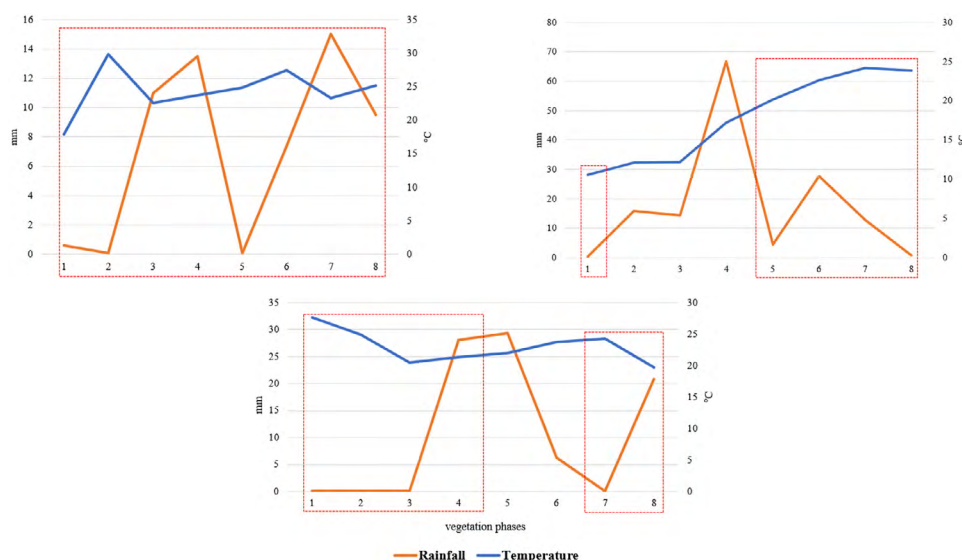


Fig. 2. Climatograms of the growing seasons of *Helianthus annuus* L. cv. 'Poseidon 625': a – 2021; b – 2022; c – 2023 (dotted lines highlight critical periods of moisture deficiency); 1 – sowing – germination, 2 – germination – 1st pair of true leaves, 3 – 1st pair of true leaves – 2nd pair of true leaves, 4 – 2nd pair of true leaves – formation of inflorescence, 5 – formation of inflorescence – flowering, 6 – flowering – seed formation, 7 – seed formation – filling of seeds, 8 – filling of seeds – seed maturation

Source: compiled by N.M. Nazarova

Заключение

По данным многолетних наблюдений установлено, что продолжительность вегетации *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’ в погоднo-климатических условиях Оренбуржья составляет 99 дней. Самый длительный период онтогенеза приходится на фазы от налива семянков до их полного созревания и составляет в среднем 31 день. Период от посева до появления всходов самый короткий и составляет в среднем 4 дня.

Выявлено, что фаза формирования настоящих листьев, а также период от закладки соцветия до цветения значительно варьируют по годам (Cv до 30 %), что позволяет предположить, что именно эти фазы наиболее чувствительны к погодным условиям конкретного сезона.

Достоверно установлено, что общая продолжительность вегетационного цикла *Helianthus annuus* L. ‘Посейдон 625’ определяется сроками прохождения ряда межфазных периодов — от закладки первой пары настоящих листьев до формирования семянков ($r = 0,9$, уровень значимости — 90 %).

Выявлены фенологические периоды, требующие оптимального увлажнения: от посева до появления всходов и от цветения до налива семянков. Период созревания семянков не требует повышенного увлажнения, поэтому условия засухи в завершении вегетации не оказывают значимого влияния на онтогенез подсолнечника в условиях Оренбуржья ($r = 0,9$, уровень значимости — 90 %).

Результаты, полученные в ходе исследования, имеют высокую практическую значимость для агротехники масличных культур независимо от географии региона возделывания и могут быть приняты как руководство для оптимизации сроков посева в зависимости от влагообеспеченности почвы и атмосферного воздуха. Это позволит избежать прогнозируемых критических периодов недостатка увлажнения, что поспособствует стабилизации роста и развития растений подсолнечника и достижению максимальных показателей урожайности.

Список литературы / References

1. Abberton M, Batley J, Bentley A, Bryant J, Cai H, Cockram J, et al. Global agricultural intensification during climate change: a role for genomics. *Plant Biotechnol Journal*. 2016;14(4):1095–1098. doi: 10.1111/pbi.12467
2. Langridge P, Braun H, Hulke B, Ober E, Prasanna BM. Breeding crops for climate resilience. *Theoretical and applied genetics*. 2021;134(6):1607–1611. doi: 10.1007/s00122-021-03854-7 EDN: OCGUKS
3. Ganeva D, Tallec T, Brut A, Prikaziuk E, Tomelleri E, Koren G, et al. In-situ start and end of growing season dates of major European crop types from France and Bulgaria at a field level. *Data in Brief*. 2023;51:109623. doi: 10.1016/j.dib.2023.109623 EDN: YUFBAE
4. Radonic LM, Lewi DM, López NE, Hopp HE, Escandón AS, Bilbao ML. Sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: Wang K. (ed.) *Agrobacterium Protocols. Methods in Molecular Biology*. New York: Springer; 2015. p.47–55. doi: 10.1007/978-1-4939-1658-0_5
5. Lewi DM, Hopp HE, Escandón AS. Sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: *Methods in molecular biology*. 2006. p. 291–298. doi: 10.1385/1-59745-130-4:291
6. Beteri J, Lyimo JG, Msinde JV. The influence of climatic and environmental variables on sunflower planting season suitability in Tanzania. *Scientific reports*. 2024;14(1):3906. doi: 10.1038/s41598-023-49581-5 EDN: ISINHL
7. Qin L, Jin Y, Duan P, He H. Field-based experimental water footprint study of sunflower growth in a semi-arid region of China. *Journal of the science of food and agriculture*. 2016;96(9):3266–3273. doi: 10.1002/jsfa.7726

8. Abdallah MMS, Bakry BA, El-Bassiouny HMS, El-Monem AAA. Growth, yield and biochemical impact of anti-transpirants on sunflower plant grown under water deficit. *Pakistan journal of biological sciences*. 2020;23(4):454–466. doi: 10.3923/pjbs.2020.454.466 EDN: FQHLXG
9. Awais M, Wajid A, Saleem MF, Nasim W, Ahmad A, Raza MAS, et al. Potential impacts of climate change and adaptation strategies for sunflower in Pakistan. *Environmental science and pollution research international*. 2018;25(14):13719–13730. doi: 10.1007/s11356-018-1587-0 EDN: BXAFKG
10. Huang C, Li N, Zhang Z, Liu Y, Chen X, Wang F, et al. What is the consensus from multiple conclusions of future crop yield changes affected by climate change in China? *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(24):9241. doi: 10.3390/ijerph17249241 EDN: ZXDYSA
11. Jocković M, Jocić S, Cvejić S, Marjanović-Jeromela A, Jocković J, Radanović A, et al. Genetic improvement in sunflower breeding-integrated omics approach. *Plants*. 2021;10(6):1150. doi: 10.3390/plants10061150 EDN: WCQDIO
12. Koshulko AP. Plant crops of Orenburg region as the basic sphere of the region's economy. *Bulletin of the Academy of Knowledge*. 2020;(1):109–111. (In Russ.). doi: 10.24411/2304-6139-2020-00019 EDN: XFULLY
Кошулько А.П. Растениеводство Оренбургской области как базовая сфера экономики региона // Вестник Академии знаний. 2020. № 1 (36). С. 109–111. doi: 10.24411/2304-6139-2020-00019 EDN: XFULLY
13. Chubanova YV, Kostin VV, Andreeva NV, Bobrovich LV. Sunflower vegetation periods depending on environmental conditions. *The Education and Science Journal*. 2020;3(4):240. (In Russ.). EDN: OTONZM
Чубанова Ю.В., Костин В.В., Андреева Н.В., Бобрович Л.В. Периоды вегетации подсолнечника в зависимости от условий среды // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 4. С. 240. EDN: OTONZM
14. Tkhakushinova LN, Mamsirov NI, Kozyrev AH. Influence of plant density on productivity and quality indicators of sunflower oilseeds. *New technologies*. 2023;19(1):120–129. (In Russ.). doi: 10.47370/2072-0920-2023-19-1-120-129 EDN: JAWQZF
Тхакушинова Л.Н., Мамсиров Н.И., Козырев А.Х. Влияние густоты стояния растений на продуктивность и качественные показатели маслосемян подсолнечника // Новые технологии. 2023. Т. 19. № 1. С. 120–129. doi: 10.47370/2072-0920-2023-19-1-120-129 EDN: JAWQZF
15. Gonova OV, Malygin AA. Formation of an agro-economic mechanism for minimizing the risks of potato production based on the introduction of modern knowledge intensive technologies. *Modern high technologies. Regional application*. 2020;(1):27–35. (In Russ.). doi: 10.23649/jae.2021.1.17.6 EDN: UILELC
Гонова О.В., Малыгин А.А. Формирование агроэкономического механизма минимизации рисков производства картофеля на основе внедрения современных наукоемких технологий // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2020. № 1 (61). С. 27–35. doi:10.23649/jae.2021.1.17.6 EDN: UILELC

Об авторах:

Назарова Наталья Михайловна — руководитель научной группы Ботанического сада, старший научный сотрудник НОЦ «Биологические системы и нанотехнологии», Оренбургский государственный университет, Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13; e-mail: nazarova-1989@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-7449-0378 SPIN-код: 1242–9420

Федорова Дарья Геннадьевна — директор Ботанического сада, старший научный сотрудник НОЦ «Биологические системы и нанотехнологии», Оренбургский государственный университет, Российская Федерация, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13; e-mail: daryaorlova24@rambler.ru
ORCID: 0000-0002-5323-4965 SPIN-код: 6805–9269

About the authors:

Nazarova Natalia Mikhailovna — Head of the scientific group of the Botanical Garden, Senior Researcher, Research Center "Biological Systems and Nanotechnology", Orenburg State University, 13 Pobedy ave., Orenburg, Orenburg region, 460018, Russian Federation, e-mail: nazarova-1989@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-7449-0378 SPIN-code: 1242–9420

Fedorova Daria Gennadievna — Director of the Botanical Garden, Senior Researcher, Research Center "Biological Systems and Nanotechnology", 13 Pobedy ave., Orenburg, Orenburg region, 460018, Russian Federation, e-mail: daryaorlova24@rambler.ru
ORCID: 0000-0002-5323-4965 SPIN-code: 6805–9269