

Прохождение фенологических фаз у астрагалов, интродуцируемых в условиях Кулундинской степи

DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-97-104



УДК 581.543(571.150)

Поступление/Received: 03.03.2020

Принято/Accepted: 11.03.2020

Т. В. КОРНИЕВСКАЯ

Алтайский государственный университет,
656049 Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 61
✉ galtsovatw@yandex.ru

T. V. KORNIJEVSKAYA

Altai State University,
61 Lenina Ave., Barnaul 656049, Russia
✉ galtsovatw@yandex.ru

Актуальность. В последнее время все больше внимания уделяется изучению фенологии растений в связи с глобальными изменениями климата. На сегодняшний день не до конца изучен механизм влияния климатических факторов на фенофазы растений. Точные прогнозы биологической реакции видов на изменение климата требуют глубокого понимания воздействующих метеорологических факторов на фенологию растений. **Материалы и методы.** Объектом исследования послужили виды рода *Astragalus* L., интродуцируемые в сухостепной зоне Кулунды. Для агрометеорологической характеристики интродукционного участка подобраны метеопоказатели, определяющие его гидротермические условия. Для нахождения уровня связи между изучаемыми показателями использовался коэффициент корреляции Пирсона. **Результаты.** Высокая температура воздуха сокращает вегетацию *A. cicer* L., но удлиняет цветение и плодоношение. Повышение относительной влажности воздуха укорачивает цветение у *A. cicer*. На длительность фенофаз *A. sulcatus* L. метеопоказатели существенного влияния не оказывали. У *A. onobrychis* L. увеличение средней относительной влажности воздуха сокращает фазу бутонизации, а повышение средней и максимальной температуры воздуха, увеличение суммы осадков удлиняют цветение. Понижение температуры и средней относительной влажности воздуха, увеличение суммы осадков удлиняют плодоношение *A. onobrychis*. Сокращают фазу плодоношения повышение средней температуры и влажности воздуха. **Заключение.** *A. sulcatus* является толерантным видом к условиям сухой степи. Фенофазы *A. cicer* и *A. onobrychis* более чувствительны к изменению метеопоказателей. У *A. onobrychis* фаза плодоношения является уязвимой по совокупному влиянию климатических факторов. Лимитирующими факторами для *A. cicer* являются: относительная влажность воздуха, количество осадков и средняя температура вегетационного периода.

Ключевые слова: *Astragalus*, фенология, метеопоказатели, сухая степь.

Passage through phenophases by milkvetches introduced into the environments of the Kulunda Steppe

Background. Recently, more and more attention has been paid to the study of plant phenology in the context of the global climate change. By now, the question of how climate factors affect the phenophases of plants has not yet been fully investigated. Accurate forecasts for biological responses of plant species to climate change require profound understanding of the impact produced by meteorological factors on plant phenology. **Materials and methods.** The research was targeted at *Astragalus* L. spp. introduced into the dry steppe areas of the Kulunda Plain. Meteorological indicators were selected for agrometeorological description of the plant introduction site to assess its hydrothermal conditions. The Pearson correlation coefficient was used to identify the level of correlations between the studied parameters. **Results.** High air temperature shortened the growing season of *Astragalus cicer* L., but lengthened its flowering and fruiting phases. An increase in relative air humidity shortened the flowering in *A. cicer*. Meteorological indicators did not significantly affect the duration of the phenophases in *A. sulcatus* L. For *A. onobrychis* L., an increase in the average relative humidity reduced the budding phase, while an increase in the average and maximum air temperature and an increase in the amount of precipitation increased the flowering period. A decrease in air temperature and average relative humidity, and an increase in the total precipitation lengthened the duration of fruiting in *A. onobrychis*. Increased average temperature and humidity reduced its fruiting phase. **Conclusion.** *A. sulcatus* is tolerant to the dry steppe environments. The phenophases of *A. cicer* and *A. onobrychis* are more responsive to changes in meteorological indicators. In *A. onobrychis*, the fruiting phase is susceptible to the combined impact of climate factors. The limiting factors for *A. cicer* are relative humidity, total precipitation and mean temperature during the growing season.

Key words: *Astragalus*, phenology, meteorological indicators, dry steppe.

Введение

В течение последних пятнадцати лет все больше внимания уделяется изучению фенологии растений в связи с продолжающимися глобальными изменениями климата, охватившими регионы северного полушария. Глобальное потепление вызывает изменчивость жизненных циклов растений. Исследования зарубежных и отечественных авторов (Khanduri et al., 2008; Во-

bretsov et al., 2017) доказали увеличение средней продолжительности вегетационного периода травянистых растений умеренных широт на 3,3 дня и смещение на более ранние сроки (от 3 до 11 дней) даты начала цветения в связи с ранним таянием снега. Изменение количества осадков и потепление влияют на распространение растений, их фенологию и представляют серьезные последствия для экологических и эволюционных явлений, связанных с биологической продуктив-

ностью экосистем, структурой сообществ и сохранением биоразнообразия в целом (Bertin, 2008). Малоизученным на сегодняшний день остается вопрос о том, какие именно климатические факторы влияют на фенологические фазы разных видов растений и каким образом. Точные прогнозы биологической реакции видов на изменение климата требуют глубокого понимания метеорологических факторов, воздействующих на фенологию растений (Wadgymar et al., 2018).

Целью настоящего исследования стало установление зависимости длительности фенологических фаз астрагалов, интродуцируемых в сухостепной зоне Западной Кулунды, от определенных метеопараметров.

Материалы и методы

Объектом исследования послужили три вида рода *Astragalus* L., интродуцируемые в условиях сухостепной зоны Кулунды с 2013 г. и по настоящее время. Первоначальные образцы семян получены от кураторов коллекции кормовых трав Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) (табл. 1).

Таблица 1. Список образцов семян астрагалов, используемых для создания интродукционного участка (с. Полуямки, Михайловский район, Алтайский край)

Table 1. The list of milkvetch seed accessions used to establish a plant introduction site (Poluyamki Village, Mikhailovsky District, Altai Territory)

Название образца	Номер по каталогу ВИР	Происхождение
<i>Astragalus cicer</i> L. – Астрагал нутовый	48630	Канада
<i>A. sulcatus</i> L. – Астрагал бороздчатый	34604	Чехословакия
<i>A. onobrychis</i> L. – Астрагал эспарцетовый	35214	Ставропольский край

Интродукционный пункт находится на юге Западной Сибири в окрестностях с. Полуямки Михайловского района Алтайского края. Территория исследования расположена в зоне умеренно-континентального климата с холодной, малоснежной зимой и жарким засушливым летом. Климат формируется часто сменяющимися воздушными массами, которые поступают со стороны Арктики, Атлантики и Средней Азии (Kharlamova, Kazartseva, 2017). В основном климат этой территории определяется сильными юго-западными ветрами, дующими со стороны жарких степей Казахстана. Годовая сумма осадков составляет 180–350 мм, сумма осадков вегетационного периода редко превышает 140–190 мм. Наибольшее количество осадков выпадает летом (в июне – августе), с максимумом в июле. В мае и июне обычны почвенные и воздушные засухи, которые приводят к суховеям и пыльным бурям (Kharlamova, 2013).

Климатические нормы среднемесячных температур воздуха рассчитаны нами по ближайшей к интродукционному участку метеостанции Ключи, расположенной в 40 км от места проведения работ, посредством доступа к открытым базам архивов метеонаблюдений (Weather and Climate..., 2004–2020). Важно отметить, что с. Полуямки и с. Ключи расположены в пределах одного рельефа местности Западно-Кулундинской природно-климатической зоны. Все климатические параметры рассчитывались за ретроспективный период (1973–2018 гг.). Сред-

нее значение годовых отрицательных температур достигало 1643°C, а среднегодовых положительных температур составило 2794°C. Абсолютный максимум температур отмечен в июле (от +38 до +41°C), а абсолютный минимум температур – в январе (от –41 до –51°C).

К отрицательным климатическим факторам места интродукции астрагалов можно отнести: ярко выраженную континентальность, которая характеризуется низкой температурой воздуха в зимний период, неустойчивое и неравномерное распределение осадков, частые и сильные ветра в течение года. Положительными климатическими факторами являются: высокая сумма эффективных температур вегетационного периода и высокая относительная влажность воздуха в августе.

Для агрометеорологической характеристики интродукционного участка подобраны метеопараметры, определяющие его гидротермические условия. Для выбранных метеорологических параметров в рамках каждой фенологической фазы рассчитывались некоторые статистические характеристики: среднее арифметическое, минимумы, максимумы, стандартные ошибки выборочных средних, средние квадратические отклонения и коэффициенты вариации.

Фенологические фазы и периоды к конкретным датам характеризовались суммой активных температур $> 0^{\circ}\text{C}$ и $> +5^{\circ}\text{C}$ и суммой эффективных температур $> +5^{\circ}\text{C}$, которые рассчитывались по сумме положительных отклонений среднесуточных температур от $+5^{\circ}\text{C}$.

Длительность вегетационного периода астрагалов ограничивалась весенними и осенними датами устойчивого перехода среднесуточных температур через 0°C . В качестве таковых для весны принимался тот день, после которого обратный переход не был зафиксирован, или был, но сумма положительных отклонений средней суточной температуры от 0°C превышала сумму отрицательных отклонений любого из последующих периодов (Sadokov et al., 2012). Учитывая смену знаков сумм отклонений, аналогично определялась осенняя дата перехода.

Математическая обработка данных проводилась на основе методов математической статистики с использованием корреляционного и дисперсионного анализов в пакете программ Microsoft Office Excel и Statistica 6.0.

Для нахождения и измерения уровня связи между изучаемыми показателями использовался коэффициент корреляции Пирсона, измеряющий меру линейной связи между ними. В качестве меры изменчивости использовалось отношение стандартного отклонения признака к его среднему значению, то есть коэффициент вариации (CV, %), выраженный в процентах.

Фенологические наблюдения выполнены по методике И. Н. Бейдемана (Beideman, 1974).

Результаты

Проведенный корреляционный анализ отражает зависимость длительности некоторых фенологических фаз астрагалов от определенных метеорологических параметров.

На продолжительность фенологических фаз астрагалов по-разному влияет средняя температура периода соответствующей фазы (табл. 2). Так, у *A. cicer* L. высокая температура вызывает сокращение длительности фаз вегетации и бутонизации, тогда как другие виды на нее мало реагируют. Длительность фазы цветения увеличивается на фоне более высокой температуры у всех видов. В большей степени высокая температура влияет на длительность цветения *A. cicer*: чем выше средняя температура, тем продолжительнее цветение.

Более высокая температура также приводит к увеличению продолжительности фазы плодоношения у *A. cicer*. Напротив, у *A. sulcatus* L. под влиянием высоких температур период плодоношения укорачивается, а у *A. onobrychis* L. длительность фазы плодоношения не изменяется. Наиболее чувствительным к температуре видом при прохождении фенофаз оказался *A. cicer*, как показывает среднее абсолютных значений коэффициентов корреляций (табл. 2).

В таблице 3 отражены особенности влияния суммы осадков на продолжительность фенологических фаз астрагалов. Близкие к нулевым значения коэффициента корреляции свидетельствуют об отсутствии прямой связи суммы осадков и продолжительности фаз вегетации и бутонизации астрагалов, но не исключают возможность ее нелинейной зависимости.

Вегетация астрагалов начинается сразу при стаивании снега (весенне-летне-осенний ритм развития растений). Запаса весенних талых вод достаточно для отрастания вегетативных органов. Фаза массовой бутонизации астрагалов приурочена к концу мая – середине июня. Увеличение количества осадков мало влияет на продолжительность цветения у *A. cicer* и *A. sulcatus*: растягивает цветение последнего и не изменяет длительность фазы у первого. С увеличением количества осадков происходит удлинение фазы цветения *A. onobrychis*, длительностью цветения положительно коррелируя с суммой осадков. Вероятно, большее количество осадков лишь косвенно влияет на продолжительность этой фенофазы, поскольку облачность снижает солнечную радиацию и ослабляет действие высоких температур. Из средних абсолютных значений коэффициентов корреляций следует, что длительность фенологических фаз *A. onobrychis* сильнее, чем у двух других видов, зависит от суммы осадков (см. табл. 3).

Таблица 2. Коэффициенты корреляции продолжительности фенологических фаз видов *Astragalus* со средней температурой

Table 2. Correlation coefficients for the duration of phenophases in *Astragalus* spp. and the mean air temperature

Вид	Фенологическая фаза				Среднее абсолютных значений коэф. корреляции
	Вегетация	Бутонизация	Цветение	Плодоношение	
<i>A. cicer</i>	-0,68	-0,63	0,92	0,75	0,75
<i>A. sulcatus</i>	0,00	-0,36	0,59	-0,58	0,38
<i>A. onobrychis</i>	0,21	-0,03	0,17	0,17	0,15

Таблица 3. Коэффициенты корреляции продолжительности фенологических фаз видов *Astragalus* с суммой осадков

Table 3. Correlation coefficients for the duration of phenophases in *Astragalus* spp. and the total precipitation

Вид	Фенологическая фаза				Среднее абсолютных значений коэф. корреляции
	Вегетация	Бутонизация	Цветение	Плодоношение	
<i>A. cicer</i>	-0,27	0,07	-0,11	0,49	0,24
<i>A. sulcatus</i>	-0,25	0,66	0,59	0,57	0,52
<i>A. onobrychis</i>	0,31	0,00	0,89	0,98	0,55

Установлено, что средняя относительная влажность воздуха не влияет на продолжительность фазы вегетации видов *Astragalus* (табл. 4).

В фазе вегетации рост и развитие побегов астрагалов в большей степени определяет почвенный запас влаги. Прослеживается обратная корреляция между продолжительностью фазы бутонизации и относительной влажностью воздуха у *A. cicer* и *A. sulcatus* ($r = -0,42$ и $r = -0,24$ соответственно), тогда как у *A. onobrychis* $r = -0,66$. Повышение средней относительной влажности воздуха незначительно сокращает длительность фазы бутонизации астрагалов.

С повышением относительной влажности воздуха фаза цветения у *A. cicer* укорачивается сильнее, чем у *A. onobrychis*. На фазу цветения у *A. sulcatus* относительная влажность воздуха влияния не оказывает.

Более высокая относительная влажность воздуха увеличивает продолжительность фазы плодоношения у *A. onobrychis* и *A. sulcatus*, но почти не влияет на плодоношение *A. cicer*.

Среднее абсолютных значений коэффициентов корреляции позволяет выявить большую чувствительность фенологических фаз *A. onobrychis* и *A. cicer* к смене метеопоказателей.

Данные таблицы 5 показывают среднюю степень влияния совокупности метеоэлементов на продолжительность фаз бутонизации, цветения и плодоношения у *A. cicer*.

Фенологические фазы *A. sulcatus* в меньшей степени подвержены влиянию погодных условий. У *A. onobrychis* зависимыми от метеорологических показателей

являются фазы цветения и плодоношения. Средние значения коэффициентов корреляции позволяют сделать вывод о том, что наиболее толерантным видом к условиям сухостепной зоны Кулунды является *A. sulcatus* (см. табл. 5).

A. onobrychis и *A. cicer* являются видами, фенофазы которых чувствительны в большей степени к изменению метеорологических показателей.

В фазу вегетации графики коэффициентов корреляции межфазных периодов у разных видов *Astragalus* асинхронны с метеоэлементами (рис. 1), что указывает на индивидуальную реакцию изученных астрагалов.

На графиках фазы бутонизации явно выражена синхронизация коэффициентов корреляции видов *Astragalus* с изученным комплексом метеоэлементов (рис. 2). Представленные графики показывают, что отклик межфазового периода на метеоэлементы здесь характерен не для конкретного вида, а для всех изучаемых астрагалов в условиях интродукции.

В фазу цветения и плодоношения изученные астрагалы одинаково реагируют на смену метеоусловий. Графики, изображенные на рисунках 3 и 4, показывают синхронность коэффициентов корреляции длительности фенофаз астрагалов, особенно при влиянии температуры. Средняя и максимальная температуры фазы цветения удлиняют ее продолжительность у астрагалов, а минимальная температура фазы, напротив, укорачивает цветение. Повышение средней и максимальной температур воздуха в фазу плодоношения укорачивает ее длительность у астрагалов, а снижение минимальной температуры растягивает плодоношение (рис. 3: 3).

Таблица 4. Коэффициенты корреляции продолжительности фенологических фаз видов *Astragalus* со средней относительной влажностью воздуха

Table 4. Correlation coefficients for the duration of phenophases in *Astragalus* spp. and the mean relative air humidity

Вид	Фенологическая фаза				Среднее абсолютных значений коэф. корреляции
	Вегетация	Бутонизация	Цветение	Плодоношение	
<i>A. cicer</i>	0,05	-0,42	-0,95	0,59	0,50
<i>A. sulcatus</i>	0,19	-0,24	0,00	0,73	0,29
<i>A. onobrychis</i>	-0,24	-0,66	-0,68	0,98	0,64

Таблица 5. Среднее значение абсолютных значений коэффициентов корреляции продолжительности фенологических фаз видов *Astragalus* с совокупностью метеоэлементов

Table 5. Mean absolute values of the correlation coefficients for the duration of phenophases in *Astragalus* spp. and the set of weather elements

Вид	Фенологическая фаза				Среднее абсолютных значений коэф. корреляции
	Вегетация	Бутонизация	Цветение	Плодоношение	
<i>A. cicer</i>	0,42	0,57	0,61	0,54	0,54
<i>A. sulcatus</i>	0,14	0,41	0,47	0,54	0,39
<i>A. onobrychis</i>	0,27	0,36	0,68	0,84	0,54

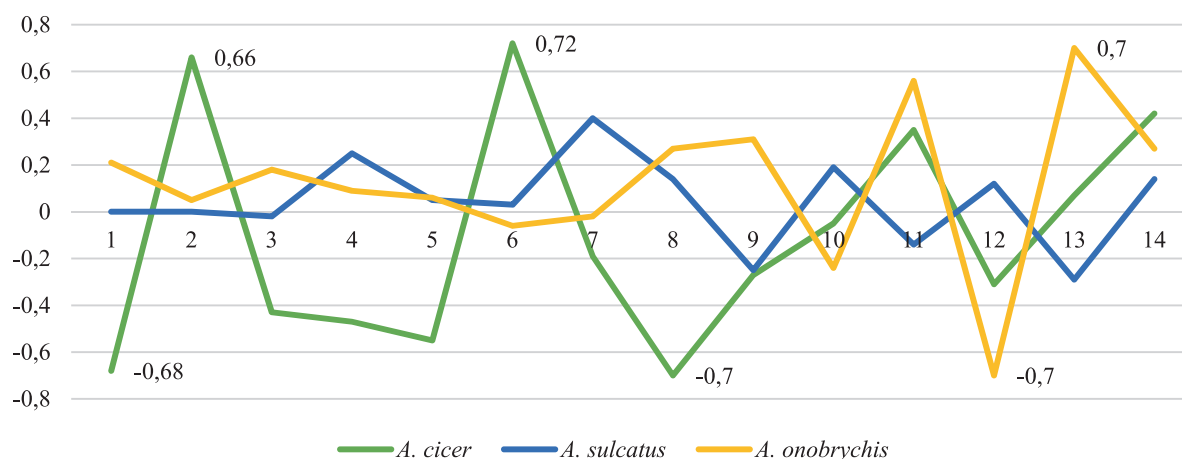


Рис. 1. График коэффициентов корреляции периода вегетации различных видов астрагалов с метеоэлементами:

1 – средняя температура периода, 2 – CV сред. температуры периода, 3 – минимальная температура периода, 4 – максимальная температура периода, 5 – средняя температура точки росы, 6 – CV сред. температуры точки росы, 7 – минимальная температура точки росы, 8 – максимальная температура точки росы; 9 – сумма осадков периода, 10 – средняя относительная влажность воздуха, 11 – CV сред. относит. влажности воздуха, 12 – минимальная относительная влажность воздуха, 13 – максимальная относительная влажность воздуха

Fig. 1. The graph of the correlation coefficients for the growing season of different *Astragalus* spp. and weather elements:

1 – mean temperature of the season, 2 – coefficient of variation (CV) for the season's mean temperature, 3 – minimum temperature of the season, 4 – maximum temperature of the season, 5 – mean dew point temperature, 6 – CV for mean dew point temperature, 7 – minimum dew point temperature, 8 – maximum dew point temperature, 9 – total precipitation of the season, 10 – mean relative humidity, 11 – CV for mean relative humidity, 12 – minimum relative humidity, 13 – maximum relative humidity

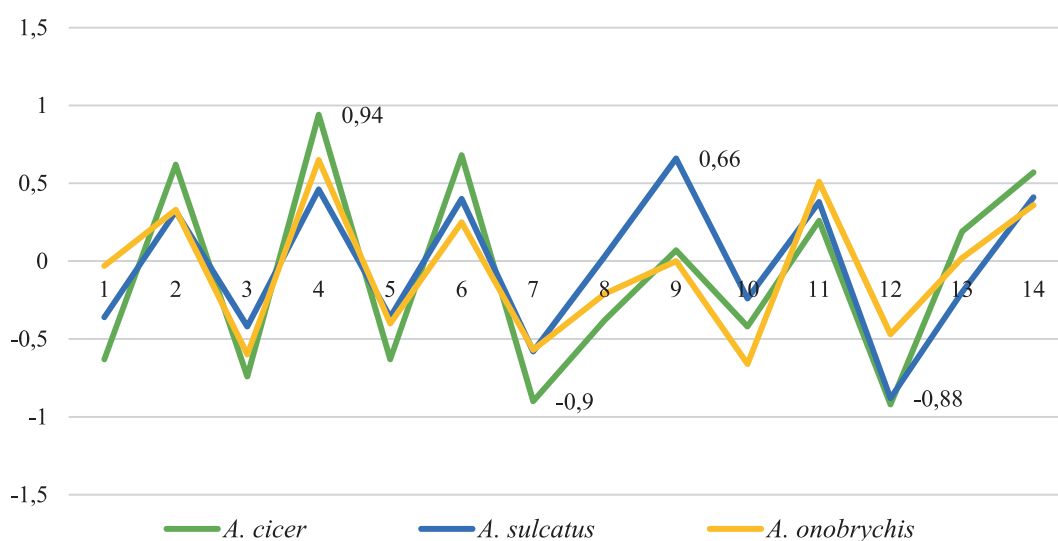


Рис. 2. График коэффициентов корреляции периода бутонизации различных видов астрагалов с метеоэлементами:

1 – средняя температура периода, 2 – CV сред. температуры периода, 3 – минимальная температура периода, 4 – максимальная температура периода, 5 – средняя температура точки росы, 6 – CV сред. температуры точки росы, 7 – минимальная температура точки росы, 8 – максимальная температура точки росы; 9 – сумма осадков периода, 10 – средняя относительная влажность воздуха, 11 – CV сред. относит. влажности воздуха, 12 – минимальная относительная влажность воздуха, 13 – максимальная относительная влажность воздуха

Fig. 2. The graph of the correlation coefficients for the budding phase of different *Astragalus* spp. and weather elements:

1 – mean temperature of the phase, 2 – coefficient of variation (CV) for the phase's mean temperature, 3 – minimum temperature of the phase, 4 – maximum temperature of the phase, 5 – mean dew point temperature, 6 – CV for mean dew point temperature, 7 – minimum dew point temperature, 8 – maximum dew point temperature, 9 – total precipitation of the phase, 10 – mean relative humidity, 11 – CV for mean relative humidity, 12 – minimum relative humidity, 13 – maximum relative humidity

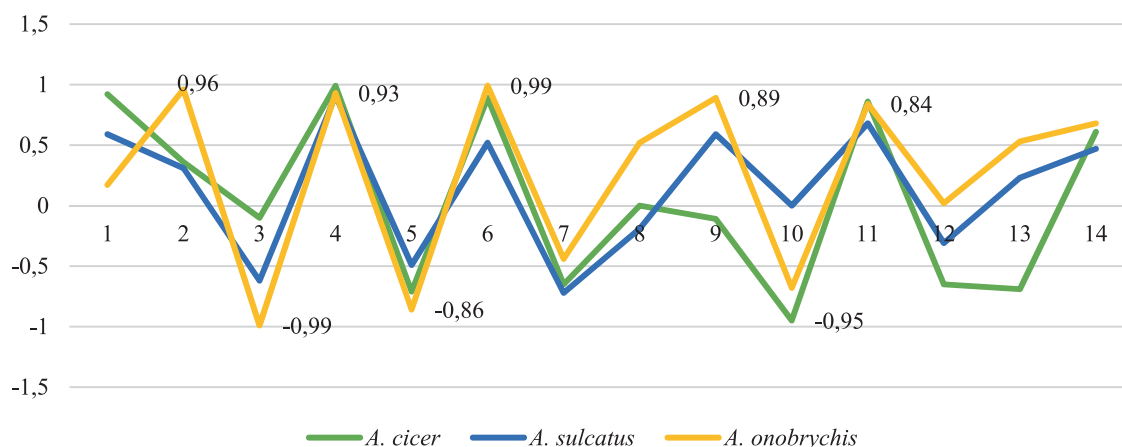


Рис. 3. График коэффициентов корреляции периода цветения различных видов астрагалов с метеоэлементами:

1 – средняя температура периода, 2 – CV сред. температуры периода, 3 – минимальная температура периода, 4 – максимальная температура периода, 5 – средняя температура точки росы, 6 – CV сред. температуры точки росы, 7 – минимальная температура точки росы, 8 – максимальная температура точки росы; 9 – сумма осадков периода, 10 – средняя относительная влажность воздуха, 11 – CV сред. относит. влажности воздуха, 12 – минимальная относительная влажность воздуха, 13 – максимальная относительная влажность воздуха

Fig. 3. The graph of the correlation coefficients for the flowering phase of different *Astragalus* spp. and weather elements:

1 – mean temperature of the phase, 2 – coefficient of variation (CV) for the phase's mean temperature, 3 – minimum temperature of the phase, 4 – maximum temperature of the phase, 5 – mean dew point temperature, 6 – CV for mean dew point temperature, 7 – minimum dew point temperature, 8 – maximum dew point temperature, 9 – total precipitation of the phase, 10 – mean relative humidity, 11 – CV for mean relative humidity, 12 – minimum relative humidity, 13 – maximum relative humidity

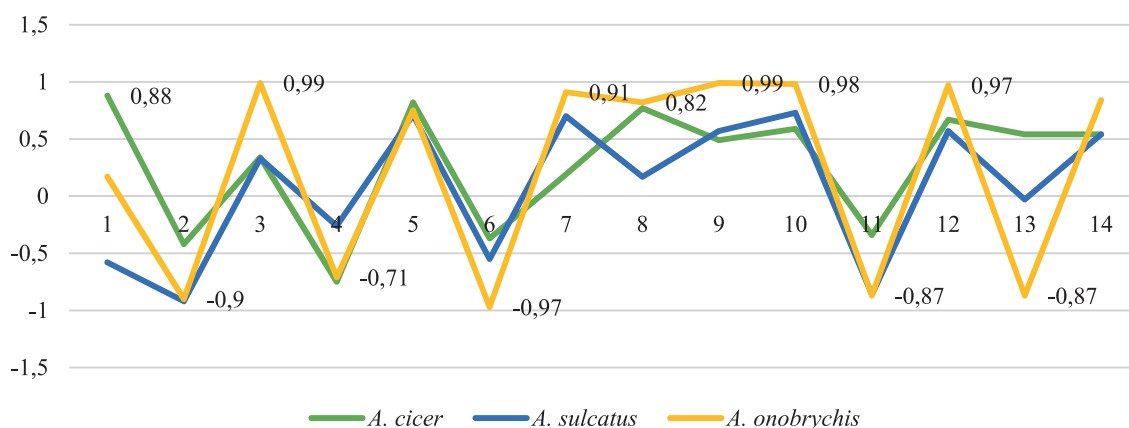


Рис. 4. Графики коэффициентов корреляции периода плодоношения различных видов астрагалов с метеоэлементами:

1 – средняя температура периода, 2 – CV сред. температуры периода, 3 – минимальная температура периода, 4 – максимальная температура периода, 5 – средняя температура точки росы, 6 – CV сред. температуры точки росы, 7 – минимальная температура точки росы, 8 – максимальная температура точки росы; 9 – сумма осадков периода, 10 – средняя относительная влажность воздуха, 11 – CV сред. относит. влажности воздуха, 12 – минимальная относительная влажность воздуха, 13 – максимальная относительная влажность воздуха

Fig. 4. The graph of the correlation coefficients for the fruiting phase of different *Astragalus* spp. and weather elements:

1 – mean temperature of the phase, 2 – coefficient of variation (CV) for the phase's mean temperature, 3 – minimum temperature of the phase, 4 – maximum temperature of the phase, 5 – mean dew point temperature, 6 – CV for mean dew point temperature, 7 – minimum dew point temperature, 8 – maximum dew point temperature, 9 – total precipitation of the phase, 10 – mean relative humidity, 11 – CV for mean relative humidity, 12 – minimum relative humidity, 13 – maximum relative humidity

Обсуждение

Для *A. cicer* лимитирующими метеопказателями являются: средняя относительная влажность воздуха, количество осадков и средняя температура периода.

Талых вод, пополняющих почвенный запас влаги, оказывается достаточно для прорастания семян, активации почек возобновления куадекса и многолетних стеблей, из которых формируется развитая система побегов. Нами установлена прямая корреляция между средней температурой воздуха фенологических фаз и их длительностью. Повышение средней температуры воздуха в фазу цветения и плодоношения удлиняет их продолжительность. Однако высокая температура воздуха в фазу вегетации является лимитирующей для *A. cicer* и приводит к сокращению ее продолжительности. Увеличение суммы осадков не оказывает влияния на длительность фенофаз *A. cicer*. Повышение относительной влажности воздуха, наоборот, укорачивает фазу цветения.

Распространение *A. cicer* на север Европы и Европейской части России изменяло экологические условия обитания вида в сторону увеличения влагообеспеченности, снижения суммы эффективных температур, что обусловило экологическую пластичность и его широкую экологическую амплитуду.

Astragalus sulcatus освоены различные экологические ниши, начиная от опустыненных степей высокогорных котловин, среднегорных и равнинных степей, вплоть до наиболее влагообеспеченных местообитаний (Plennik, 1976).

Результаты шестилетних наблюдений показали, что условия сухостепной зоны Кулунды являются подходящими для развития *A. sulcatus*. Метеорологические показатели не оказывали существенного влияния на длительность фенологических фаз *A. sulcatus*. Высокая температура воздуха незначительно удлиняет фазу цветения, но укорачивает длительность фазы плодоношения. Повышенная влажность воздуха также удлиняет фазу плодоношения, а увеличение суммы осадков незначительно растягивает цветение.

Ареал *A. onobrychis* простирается в умеренных и субтропических широтах земного шара. *A. onobrychis* является эвритопным видом, который в пределах своего ареала может обитать в мезофитных условиях, а также входит в состав лугово-степных и степных фитоценозов. Наряду с адаптивной нормой (*A. onobrychis* имеет мезофильный облик) в пределах вида спорадически встречаются растения, густо покрытые многочисленными волосками. Такие растения приурочены, как правило, к сухим местообитаниям и теплым экотопам. А. К. Сытин (Syтин, 1982) называет *A. onobrychis* экологически толерантным видом, на основе которого образовались другие виды, освоившие наиболее депрессивные рельефы и обитающие в условиях континентального климата. Основная географическая раса *A. onobrychis* не выходит за пределы степной зоны.

Проведенный нами комплекс исследований показал, что максимальная относительная влажность воздуха удлиняет фазу вегетации *A. onobrychis*. Увеличение средней относительной влажности воздуха сокращает продолжительность фазы бутонизации *A. onobrychis*. Повышение средней и максимальной температуры периода, увеличение суммы осадков удлиняют период цветения, а такие факторы, как увеличение средней атмосферной влажности воздуха и суммы осадков перио-

да, напротив, приводят к сокращению фазы цветения. На продолжительность фазы плодоношения *A. onobrychis* положительно влияют понижение температуры, средней относительной влажности воздуха и увеличение суммы осадков; отрицательно – повышение средней температуры и влажности воздуха. В результате исследования установлено, что наиболее уязвимой для *A. onobrychis* является фаза плодоношения.

Заключение

В результате многолетних наблюдений за интродуцируемыми видами *Astragalus* выявлен вид, толерантный к условиям сухостепной зоны Кулунды – *A. sulcatus*, длительность фенологических фаз которого слабо изменяется при влиянии метеорологических элементов. Фенофазы *A. cicer* и *A. onobrychis* более чувствительны к изменению метеопказателей. У *A. onobrychis* фаза плодоношения является уязвимой по совокупному влиянию климатических факторов. На фенологические фазы *A. cicer* оказывают сильное воздействие относительная влажность воздуха, количество осадков и средняя температура вегетационного периода.

References/Литература

- Beideman I.N. Methods of studying the phenology of plants and plant communities: guidelines (Metodika izucheniya fenologii rasteniy i rastitelnykh soobshchestv: metodicheskiye ukazaniya). Novosibirsk: Nauka; 1974. [in Russian] (Бейдеман И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ: методические указания. Новосибирск: Наука; 1974).
- Bertin R.I. Plant Phenology And Distribution In Relation To Recent Climate Change. *The Journal of the Torrey Botanical Society*. 2008;135(1):126-146. DOI: 10.3159/07-RP-035R.1
- Bobretsov A.V., Tertitsa T.K., Teplova V.P. The impact of climate change on the phenology of plants and animals of the South-Eastern part of the Komi Republic (the Pechora-Ilych Biosphere Reserve). *Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modelling*. 2017;28(4):74-93. [in Russian] (Бобрецов А.В., Тертица Т.К., Теплова В.П. Влияние изменения климата на фенологию растений и животных юго-восточной части Республики Коми [Печоро-Илычский биосферный заповедник]. *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*. 2017;28(4):74-93). DOI: 10.21513/0207-2564-2017-4-74-93
- Khanduri V.P., Sharma C.M., Singh S.P. The effects of climate change on plant phenology. *The Environmentalist*. 2008;28:143-147. DOI: 10.1007/s10669-007-9153-1
- Kharlamova N.F. Assessment and forecast of modern climate changes in the Altai region (Otsenka i prognoz sovremennykh izmeneniy klimata Altayskogo regiona). Barnaul: AltSU; 2013. [in Russian] (Харламова Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона. Барнаул: АлтГУ; 2013).
- Kharlamova N.F., Kazartseva O.S. Assessment of spatial variability of maximum snow reserves in the Altai Territory with the use of landscape-indicator methods. *Geography and nature management of Siberia*. 2017;23:206-220. [in Russian] (Харламова Н.Ф., Казарцева О.С. Оценка пространственной изменчивости максимальных снегозапасов на территории Алтайского края

с применением ландшафтно-индикационных методов. *География и природопользование Сибири*. 2017;23:206-220).

- Plennik R.Ya. Morphological evolution of legumes of Southeast Altai (Morfologicheskaya evolyutsiya bobovykh Yugo-Vostochnogo Altaya). Novosibirsk; 1976. [in Russian] (Пленник Р.Я. Морфологическая эволюция бобовых Юго-Восточного Алтая. Новосибирск; 1976).
- Sadokov V.P., Kozeltseva V.F., Kuznetsova N.N. Determination of spring dates of stable transition of daily average air temperature through 0, +5°C, their forecast and assessment. *Proceedings of Hydrometcentre of Russia*. 2012;(348):144-150. [in Russian] (Садоков В.П., Козельцева В.Ф., Кузнецова Н.Н. Определение весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0, +5°C, их прогноз и оценка. *Труды Гидрометцентра России*. 2012;(348):144-150).
- Sytin A.K. Phenetic variability of *Astragalus onobrychis* in the European part of the USSR (Feneticheskaya izmenchivost espartsetovogo astragala na territo-

rii Yevropeyskoy chasti SSSR). In: *Phylogeny of Higher Plants: Proceedings of the VI Moscow Meeting on Plant Phylogeny (Filogeniya vysshikh rasteniy: Materialy VI Moskovskogo soveshchaniya po filogenii rasteniy)*. Moscow; 1982. p.139-141. [in Russian] (Сытин А.К. Фенетическая изменчивость эспарцетового астрагала на территории Европейской части СССР. В кн.: *Филогения высших растений: Материалы VI Московского совещания по филогении растений*. Москва; 1982. С.139-141).

- Wadgyamar S.M., Ogilvie J.E., Inouye D.W., Weis A.E., Anderson J.T. Phenological responses to multiple environmental drivers under climate change: insights from a long-term observational study and a manipulative field experiment. *New Phytologist*. 2018;218(2):517-529. DOI: 10.1111/nph.15029
- Weather and Climate. Reference and Information Portal (Pogoda i klimat. Spravochno-informatsionny portal). 2004–2020. [in Russian] (Погода и климат. Справочно-информационный портал. 2004–2020). URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> [дата обращения: 10.05.2019].

Прозрачность финансовой деятельности/The transparency of financial activities

Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The author declares the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования/How to cite this article

Корниевская Т.В. Прохождение фенологических фаз у астрагалов, интродуцируемых в условиях Кулундинской степи. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2020;181(1):97-104. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-97-104

Kornievskaya T.V. Passage through phenophases by milkvetches introduced into the environments of the Kulunda Steppe. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(1):97-104. DOI: 10.30901/2227-8834-2020-1-97-104

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы/The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация/Additional information

Полные данные этой статьи доступны/Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-1-97-104>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы/The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Автор одобрил рукопись/The author approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует/No conflict of interest

ORCID

Kornievskaya T.V. <https://orcid.org/0000-0001-912309786>