

ВОЗДЕЙСТВИЕ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ОРЕНБУРЖЬЯ

Васильева Татьяна Николаевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, учёный секретарь подразделения ОНИИСХ ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН

Зоров Александр Алексеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, руководитель НИР, зам. директора подразделения ОНИИСХ ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН

Рябинина Зинаида Николаевна, председатель РБО, ведущий научный сотрудник, доктор биологических наук, профессор, подразделения ОНИИСХ ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН

¹ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий, Российской академии наук

460000, ул. 9 января, 29, Оренбург, тел.: 8(3532) 308-341 e-mail: vtn1972@mail.ru

Ключевые слова: сельскохозяйственные угодья, пастбища, сенокосы, осадки, продуктивность, корреляционная связь.

В настоящее время дефицит пресной воды является важным абиотическим фактором, ограничивающим выживаемость, рост и распространение растений в полупустынных районах. На продуктивность естественных кормовых угодий оказывают влияние сезонные колебания температур и осадков, особенно характерные для степного Оренбуржья. Неравномерное внутригодовое распределение осадков не удовлетворяет потребности в воде фитоценозы в вегетативную фазу развития. Целью исследования был анализ влияния атмосферных осадков на сельскохозяйственные кормовые угодья Оренбуржья. Важной и необходимой задачей является оценить взаимодействие агроклиматических факторов на развитие сельскохозяйственных угодий является важной и необходимой задачей. Район исследований расположен в зоне с семиаридным (полузасушливым) климатом умеренных широт Оренбургского Предуралья Оренбургской области (Оренбургская область, Россия). Исследования сельскохозяйственных угодий проводили на 4 участках в окрестностях с. Нежинка Оренбургского района Оренбургской области. Для этого выделены и проанализированы различные фации сельскохозяйственных угодий, расположенные на плакорах водораздельных поверхностей. Для изучения локальных геосистем различных фаций использовали камеральные методы аэрокосмические снимки и наблюдения в натуре. Статистическая и математическая обработка цифровых данных проводилась по программе Statsoft Statistica v 6,1 RUS. Элементы описательной статистики среднемноголетних показателей (общего количества осадков за год, количества осадков за вегетационный период, продуктивность естественных угодий) выявили, что теория нормальности не была отклонена. Анализ средних многолетних данных по количеству осадков и их связи с продуктивностью естественных кормовых угодий показывает достоверную положительную корреляционную связь между этими параметрами, при $r^2=0,95$. В условиях полупустынной зоны в период вегетации растения наиболее эффективно используют влагу атмосферных осадков.

Исследования выполнены по теме научно-исследовательской работы ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН № 0526-2022-0014.

Введение

Сельскохозяйственные угодья – земельные участки (пашня, сенокосы, пастбища), используемые для производства сельхозпродукции. В Оренбуржье естественные пастбища и сенокосы занимают около 5,7 млн. га, продуктивность их низкая: сухая степь около 3-5 ц/га, степь и лесостепь до 10 ц/га сухой массы растительного покрова Оренбургской области [1, 2]. В биосфере существует несколько факторов, которые влияют на использование воды растениями, к ним относятся: увеличение концентрации углекислого газа, повышение температуры воздуха, среднегодовое изменение количества осадков. На использование воды влияют несколько факторов, к ним относят: сезонные колебания температуры и осадков,

при этом выделяют засушливые периоды в летнее время, это сказывается на продуктивности естественных кормовых угодий [2, 3, 4, 5, 6, 7]. Продуктивность растений, начало материального и энергетического цикла на Земле играют решающую роль в глобальном росте растительности в условиях меняющегося климата [3]. Климатические факторы оказывают влияние на формирование первичной продуктивности наземной чистой фитомассы по всему миру [8, 10, 11, 12]. Проблемой производительности труда в сельском хозяйстве является изменение климатических условий в течение последних 20 лет. Средняя температура поверхности Земли увеличилась на 0,8 °С с эпохи промышленной революции, при этом наблюдаются значительные колебания в выпадении осадков. В то время, как

среднегодовые температуры по прогнозам повысятся на 1–3 °С к 2060 году и на 1,5 °С - к 2090 году, ожидается, что среднее количество осадков к 2030 году в большинстве районов выращивания сельскохозяйственной продукции уменьшится на 12 мм [10]. Климатические изменения затронут процессы в наземных экосистемах, особенно в засушливых районах [10, 13,]. Дефицит воды, возможно, является наиболее важным абиотическим фактором, ограничивающим выживаемость, рост и распространение растений в полуаридных районах [10]. В Оренбургском регионе ежегодно выпадает 29% атмосферных осадков с июля по сентябрь, остальное количество осадков приходится на другие месяцы. Неравномерное внутригодовое распределение осадков не удовлетворяет потребности в воде фитоценозы в вегетативную фазу развития.

В связи с этим целью исследования является анализ влияния атмосферных осадков на сельскохозяйственные кормовые угодья Оренбуржья.

Материалы и методы исследований

Район исследований расположен в зоне с семиаридным (полузасушливым) климатом умеренных широт Оренбургского Предуралья Оренбургской области (Оренбургская область, Россия). Среднемесячная температура воздуха колеблется от -24,3 до -27,4 °С в январе до +19,9 до +22,4. Среднегодовое количество осадков 350-450 мм. Почва - чернозем южный тяжелосуглинистый на красно-бурых карбонатных суглинках. В 30-сантиметровом слое почвы содержится: гумуса — 4,1%, легкогидролизуемого азота (N) — 8,4 мг, подвижного фосфора (P₂O₅) — 3,25 мг, обменного калия (K₂O) — 27 мг и обменного кальция (CaO) — 39,0 мг на 100 г почвы. Высокое содержание карбонатов определяет щелочную реакцию почвы pH 7,6-8,0. Данные о погодных условиях в период исследования получены на метеостанции Оренбург (51°73'93»N-55°9'57»E), а также на интернет-портале (<http://aisori.meteo.ru/>). Исследования сельскохозяйственных угодий проводили в окрестностях с. Нежинка 4 участков на территории Оренбургского района Оренбургской области. Для этого выделены и проанализированы различные фации сельскохозяйственных угодий, расположенные на плакорах водораздельных поверхностей. Локальные геосистемы различных фаций исследовали в натуре, использовали камеральные методы, аэрокосмические снимки. Карта района исследования изготовлена в программе ArcGIS 10.5.

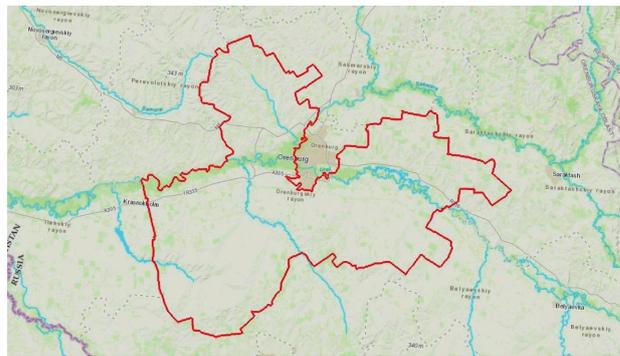


Рис. 1 – Карта – схема исследуемого района окрестностей с. Нежинка, Оренбургского района, Оренбургской области.

Все исследуемые участки дифференцированы по Полюнову Б.Б (1953), Глазовской М.А.(1964)[3, 6]:

1. Элювиальные участки (крутые склоны, гребнистые возвышенности)
2. Элювиальные (плоские участки возвышенностей)
3. Трансэлювиальные (пологий склон 1 – 3)
4. Аккумулятивно-элювиальные (впадина)

Определение общего количества надземной органической массы на территории пастбищ и сенокосов в луговых и степных сообществах производилось в период максимального развития травостоя [6]. Урожайность сенокосов определяют следующим способом: взвешивали все накошенное сено, заготовленное на исследуемом участке. Для этого скашивают 10 площадок по 1 м² каждая. Высота среза при пробном укосе 6-7 см. Статистическая и математическая обработка цифровых данных проводилась по программе Statsoft Statistica v 6,1 RUS. В статистическом анализе уровнем значимости гипотез считали уровень, обеспечивающий вероятность ошибки менее 5% (P<0,05).

Результаты исследований

Сочетание основных факторов формирования форм рельефа, состава почвообразующих пород, режима увлажнения определяет распределение почв и растительности [1, 6]. Исследуемые участки №1-2 элювиальные участки района исследования не имеют существенного смыва, при основном типе увлажнения - это атмосферные осадки. Участок №3: питание растений осуществляется атмосферными осадками и хорошим поверхностным стоком. Исследуемый участок №4: наблюдается переувлажнение поверхностных слоёв почв за счёт поступающих сверху поверхностных вод и атмосферных осадков.

Статистический анализ атмосферных осадков за последние семь лет продемонстри-

ровал, что средние значения осадков за год составляют 324,71 мм, при этом медианаотклонена и составила 287,1. Общая сумма среднегодовых осадков за период равна 2273 мм, при этом минимальное количество осадков выпадало в 2021 году, максимальное количество осадков приходилось на 2016 год. Коэффициент асимметрии равен 1,16. Стандартное отклонение случайной величины на основе несмещенной оценки её выборочной дисперсии составляет 0,94. Коэффициент эксцесса имеет разброс в показателях. Коэффициент эксцесса равен 0,16. Ошибка коэффициента асимметрии имеет значение 1,58.

Среднемноголетние данные по продуктивности естественных угодий равны 1,11 т/га (рис. 2). Максимальное значение продуктивности естественных угодий составило 1,5 т/га, минимальные значения продуктивности отмечены в 2021 г. Коэффициент асимметрии равен 0,53. Стандартная ошибка составила 0,22 (табл. 1). Коэффициент эксцесса имеет положительное значение 0,26. Все значения наблюдаемых величин согласно гипотезе о нормальности распределения величин не имеют значительных отклонений. Гипотезу нормальности распределения

величин проводили по Колмагорову-Смирнову, но пользовались методами описательной статистики. На рисунке 2 представлена гистограмма с наложением кривой нормальной гипотезы распределения усредненных значений продуктивности естественных угодий сенокосов и пашен. Ввиду того, что на аккумулятивно-эллювиальном участке №4 значения продуктивности естественных угодий больше, чем на эллювиальных участках №1-2, столбцы имеют некоторый разброс в значениях. Кривая наложения нормальной гипотезы распределения усредненных значений продуктивности естественных угодий сенокосов и пашен имеет пологий характер и относительно без отклонений. Гистограмма не совсем близка к теоретической кривой, это объясняется тем, что величины имеют определенный разброс значений по исследуемым участкам (от эллювиальных до аккумулятивно-эллювиальных) и по годам (рис.2). Проверка гипотезы о нормальности распределения величин позволила оценить закон распределения исследуемых переменных с нормальными значениями. Для определения степени тесноты взаимосвязи между переменными, а также для доказательства влияния атмосферных

Таблица 1

Данные описательной статистики

Вариант	Mean	Median	Min.	Max	Skewness	Std. ErrSkewness	Std.Err. Kurtosis	Kurtosis
Количество осадков за сельскохозяйственный год	324,71	287,1	253,4	455,3	1,16	0,79	1,58	0,16
Количество осадков за вегетационный период	105,08	103,8	72,60	145,00	0,49	0,91	-0,13	2,00
Продуктивность естественных угодий	1,11	1,11	0,82	1,5	0,53	0,22	1,58	0,26

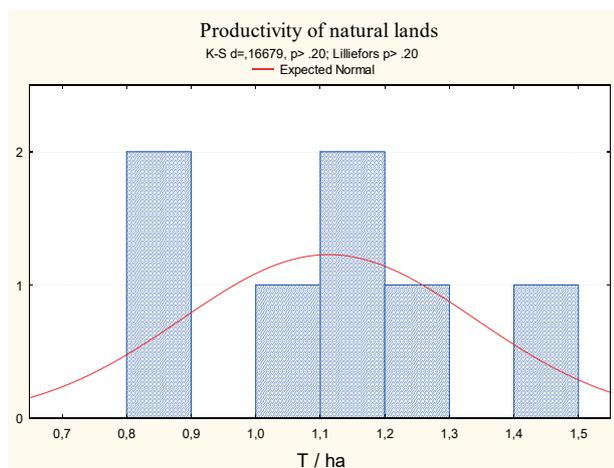


Рис. 2 – Гистограмма продуктивности естественных угодий

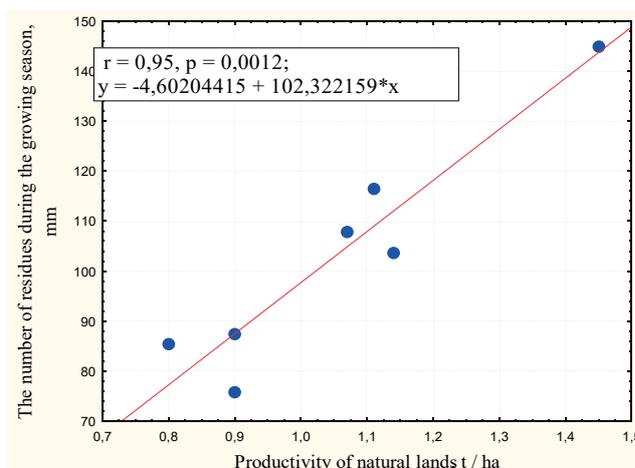


Рис. 3 – Зависимость количества осадков за вегетационный период от продуктивности естественных угодий в районе исследований

осадков на фитоценозы Оренбуржья был проведен корреляционный анализ.

Статистический анализ показал, что связь между влиянием годовых осадков на продуктивность природных угодий была слабой $r^2 = 0,22$. При изучении среднесуточных данных о количестве осадков за вегетационный период и связи с продуктивностью фитоценозов выявлена достоверная сильная положительная связь между этими показателями, при $r = 0,95$ ($P < 0,01$) (рис. 3), следовательно, связь между переменными статистически значима.

При сравнении связи между годовым количеством осадков и продуктивностью естественных угодий $r = 0,22$ с корреляцией между количеством осадков за вегетационный период и продуктивностью естественных угодий $r = 0,95$ (рис. 3) видим, что второй коэффициент корреляции выше по значениям первого.

Обсуждение

Доступность воды в физиологии растений пастбищных экосистем засушливых регионов является ключевым фактором для лучшего понимания последствий изменения климата и жизнедеятельности фитоценозов. Необходимость проведения статистического анализа и использование результатов эксперимента заключается в том, чтобы выявить недостатки исходных данных либо ошибки в постановке цели. В результате статистического анализа категорий (осадки за сельскохозяйственный год, осадки за вегетационный период) для естественных угодий большое значение имеют осадки в вегетационный период. Между осадками и урожайностью естественных кормовых угодий установлены статистически значимые корреляционные взаимосвязи. Годовой запас влаги имеет более слабую связь с продуктивностью естественных угодий, чем осадки за вегетационный период. Увеличение продуктивности естественных кормовых угодий наблюдается в вегетационный период, а именно за счет выпадения весенних осадков и увлажнения поверхностных слоев почв до или во время образования вторичной корневой системы [8]. Эффективное ресурсоиспользование и управление содержанием влажности почв, а также пределы продуктивности естественных кормовых угодий могут быть сдвинуты в сторону увеличения урожая кормовых угодий, то есть можно выращивать больше при меньшем количестве осадков [8, 14].

Заключение

В результате использования элементов описательной статистики среднесуточных

показателей (общего количества осадков за год, количества осадков за вегетационный период, продуктивность и естественных угодий) теория нормальности не была отклонена.

При исследовании средних многолетних данных количества осадков за вегетационный период и их взаимосвязи с продуктивностью естественных кормовых угодий выявили сильную достоверную положительную корреляционную связь между этими параметрами, при этом $r = 0,95$.

В условиях полуаридной зоны в период вегетации растения наиболее эффективно используют влагу атмосферных осадков.

Библиографический список

1. Проблемы землепользования и пространственного развития степных регионов / С. В. Левыкин, Е. А. Семенов, А. А. Чибилёв, В. П. Петрищев /.- М.: Русанс.- 2018. -216 с.
2. Состояние фитоценозов в условиях антропогенно-нарушенных территорий / З.Н. Рябинина, С.В. Лебедев, Е.М. Агальт, Р.Г. Калякина, М.В.Рябухина. – Оренбург: Университет «университет», 2019. – 188 с.
3. Глазовская, М. А. Геохимические основы типологии и методы исследования природы и ландшафтов/М. А. Глазовская/. –М.: Московский университет. – 1964. – 229 с.
4. Михно, В.Б. Современные проблемы физической географии и ландшафтоведения/ В.Б. Михно, А.С.Горбунов, О.П.Быковская. – Воронеж: Воронежский государственный университет. – 2020. – 176 с
5. Солодков, Н.Н. Ландшафтоведение / Н.Н. Солодков, А.И. Чурсин, А.А. Малышев. – Пенза. - 2021. -160 с.
6. Польшин, Б. Учение о ландшафтах / Б. Польшин// Вопросы географии. – 1953.– С. 30–44
7. Усольцев В.А. Пространственно-временное замещение в экологии и проблема адаптации растений в условиях изменения климата / В.А. Усольцев, И.С. Цепордей // Леса России и хозяйство в них. - 2021.- № 4 (79). - С. 4-39.
8. Bakirov, F. Precipitation and yield of spring heat in the semiarid zone of Orenburg Cis-Urals / F. Bakirov, T. Vasilyeva, I. Vasilyev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2021.- 817. - P. 012009. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012009
9. Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis Ecol / R. Bobbink, K. Hicks, J. Galloway, T. Spranger, R. Alkemade, T. Ashmore, M. Bustamante, S. Cinderby,

E. Davidson, F. Dentener, B. Emmett, J.W. Erisman, M. Fenn, F. Gilliam, A. Nordin, L. Pardo // *De Vries W. 20 (1) (2010), Pp. 30-59, DOI 10.1890/08-1140.1*

10. Chunyuan, W. Effect of rainfall on *Artemisia ordosica* Kraschanual net primary production and allocation in sandy land in China / Chunyuan W.Yua M. Guodong D.Guanglei, Linlin Z // *Ecological Indicators.* – 2021.-V 130.- 108023 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108023>

11. Li C., Pan C. The relative importance of different grass components in controlling runoff and erosion on a hillslope under simulated rainfall / Li C., Pan C. // *Journal of Hydrology.* –V 558, pp. 90-103. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.01.007>

12. Mäkinen, H. Sensitivity of European

wheat to extreme weather. / H. Mäkinen, J. Kaseva, J. Balek, et al. // *Field Crop. Res.* – 2018.- 222. – P. 209–217

13. Van, H. Herbaceous responses to herbivory, fire and rainfall variability differ between grasses and forbs / H. Van, F.Collera, P. Sieberta, F.Scogingsb, S. Ellisc // *South African Journal of Botany.* – 2018. – V. 119. – pp 94-103. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.08.024>

14. Fan, L. Snow and rainfall independently affect the density, composition and productivity of ephemerals in a temperate desert/ L. Fan, Y.Li, J.Ma, J. Mao, L Wang // *Science of The Total Environment.* –Vol. 807(3), 2022, 151033 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151033>

THE IMPACT OF AGRO-CLIMATIC FACTORS ON THE PRODUCTIVITY OF AGRICULTURAL LANDS OF ORENBURG REGION

Vasilyeva T.N., Zorov A.A., Ryabinina Z.N.

1FGBNU Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies, Russian Academy of Sciences
460000, January 9, 29, Orenburg, tel.: 8(3532) 308-341e-mail: vtn1972@mail.ru

Keywords: agricultural land, pasture, haymaking, precipitation, productivity, correlation.

Currently, the shortage of fresh water is an important abiotic factor limiting the survival, growth and distribution of plants in semi-arid areas. The productivity of natural forage lands is influenced by seasonal fluctuations in temperature and precipitation, especially characteristic of the steppe Orenburg region. The uneven intra-annual distribution of precipitation does not meet the water needs of the phytocenosis in the vegetative phase of development. The aim of the study was to analyze the effect of atmospheric precipitation on agricultural forage lands of Orenburg region. An important and necessary task is to assess the interaction of agro-climatic factors on the development of agricultural land is an important and necessary task. The research area is located in a zone with a semiarid (semi-arid) climate of temperate latitudes of the Orenburg Urals of the Orenburg region (Orenburg region, Russia). Studies of agricultural land were carried out on 4 plots in the vicinity of the village of Nezhinka, Orenburg district, Orenburg region. For this purpose, various facies of agricultural lands located on the supports of watershed surfaces are identified and analyzed. To study local geosystems of various facies, we used camera methods, aerospace images and in-kind observations. Statistical and mathematical processing of digital data was carried out according to the StatsoftStatistic 6.1 RUS program. Elements of descriptive statistics of average annual indicators (total precipitation per year, precipitation during the growing season, productivity of natural lands) revealed that the theory of normality was not rejected. The analysis of the average long-term data on the amount of precipitation and their relationship with the productivity of natural forage lands shows a reliable positive correlation between these parameters, at $r^2 = 0.95$. In the conditions of the semi-arid zone during the growing season, plants use the moisture of atmospheric precipitation most effectively.

Bibliography:

1. *Problems of land use and spatial development of steppe regions* / S. V. Levykin, E. A. Semenov, A. A. Chibilev, V. P. Petrishchev / – M: Rusans. – 2018. – 216 p.
2. *The state of phytocenoses in conditions of anthropogenic disturbed territories* / Z. N. Ryabinina, S. V. Lebedev, E. M. Agalt, R. G. Kalyakina, M. V. Ryabukhina. – Orenburg: University "University", 2019. – 188 p.
3. *Glazovskaya, M. A. Geochemical foundations of typology and methods of nature and landscape research* / M. A. Glazovskaya. / – M.: Moscow University. – 1964. – 229 p.
4. *Mikhno, V. B. Modern problems of physical geography and landscape studies* / V. B. Mikhno, A. S. Gorbunov, O. R. Bykovskaya. – Voronezh: Voronezh State University. – 2020. – 176 s
5. *Solodkov, N. N. Landscape studies* / N. N. Solodkov, A. I. Chursin, A. A. Malyshev. – Penza. – 2021. – 160 p.
6. *Polynov, B. The doctrine of landscapes* / B. Polynov // *Questions of geography.* – 1953. – pp. 30-44
7. *V. Usoltsev. A. Spatio-temporal substitution in ecology and the problem of plant adaptation in the conditions of climate change* / V. A. Usoltsev, I. S. Tsepordey // *Forests of Russia and the economy in them.* – 2021.- № 4 (79). – Pp. 4-39.
8. *Bakirov, F. Precipitation and return of spring heat in the semi-arid zone of the Orenburg Urals* / F. Bakirov, T. Vasilyeva, I. Vasiliev // *IOP conference series: Science of the Earth and the environment.* – 2021.- 817. – p. 012009. DOI: 10.1088/1755-1315/817/1/012009
9. *Global assessment of the impact of nitrogen deposition on the diversity of terrestrial plants: generalizing Ecol* / R. Bobbink, K. Hicks, J. Galloway, T. Spranger, R. Alkemade, T. Ashmore, M. Bustamante, S. Sinderby, E. Davidson, F. Dentener, B. Emmett, J. W. Erisman, M. Fenn, F. Gilliam, A. Nordin, L. Pardo // *De Vries W. 20 (1) (2010), pp. 30-59, DOI 10.1890/08-1140.1*
10. *Chunyuan, U. The effect of precipitation on the net primary production and distribution of Artemisia ordosica Kraschanual on sandy lands in China* / U. Chunyuan, M. Yua, D. Guodong, D. Guanglei, Z. Lingling // *Environmental indicators.* – 2021.-V 130.- 108023 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108023>
11. *Li S., Pan S. The relative importance of various grass components in combating runoff and erosion on the hillside during precipitation modeling* / Li C., Pan C. // *Journal of Hydrology.* –V 558, pp. 90-103. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.01.007>
12. *Myakinen, H. Sensitivity of European wheat to extreme weather conditions.* / H. Myakinen, Ya. Kaseva, Ya. Balek et al. // *Field cultures. Ed.* – 2018. – 222. – pp. 209-217
13. *Wang, H. The reaction of herbaceous plants to herbivory, fires and variability of precipitation differs in cereals and grasses* / H. Wang, F. Koller, P. Sibert, F. Scogings, S. Ellisc // *South African Journal of Botany.* – 2018. – Vol. 119. – pp. 94-103. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.08.024>
14. *Fan, L. Snow and precipitation independently affect the density, composition and productivity of ephemeral plants in a temperate desert* / L. Fan, Y. Li, J. Ma, J. Mao, L. Wang // *Science of the general environment.* – Volume 807(3), 2022, 151033 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151033>