

Научная статья
УДК 911.52;911.6;504.54;330.15
doi: 10.28983/asj.y2021i12pp45-49

Влияние агроэкологических условий на продуктивность зональных ландшафтов Саратовской области

Михаил Юрьевич Несветаев¹, Денис Иванович Губарев¹, Ирина Игоревна Демакина²,
Владимир Александрович Тарбаев², Константин Евгеньевич Денисов²

¹ ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия

² Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия
tarbaev1@mail.ru

Аннотация. В статье выявлены особенности водораздельных и склоновых урочищ северной, типичной и засушливой степи. Для почв тестовых полигонов (т.п.) № 5 (Саратов) и № 9 (Красный Кут) выявлено более высокое содержание подвижных форм фосфора и калия на северных склонах, в отличие от склонов южной экспозиции. Почвы северных склонов т.п. № 1 (Аркадак) менее обеспечены макроэлементами, чем почвы южных экспозиций. Почвы плакоров на т.п. № 1 и т.п. № 5 лучше склоновых урочищ обеспечены K_2O , но хуже P_2O_5 . Продуктивность почв водораздельных типов урочищ т.п. № 1 и т.п. № 5 выше склоновых. Северные склоны т.п. № 1 менее продуктивны по сравнению с южными. На т.п. № 5, напротив, северные склоны более продуктивны, нежели южные. На т.п. № 9 южные склоны продуктивнее водоразделов и склонов северной экспозиции. Выявлена зависимость ГТК в фазу выхода в трубку–колошения и будущего урожая. Повышение ГТК с 0,3 до 0,45 в эту фазу развития пшеницы в условиях т.п. № 5 дало прибавку урожайности в 2 раза. Качество яровой мягкой пшеницы, выращенной на склонах южной экспозиции, выше, чем на водоразделах и склонах северной экспозиции по всем объектам исследования.

Ключевые слова: агрохимия, агроэкология, ГИС, крутизна склона, ландшафты, продуктивность, урочища, экспозиция склона.

Для цитирования: Несветаев М. Ю., Губарев Д. И., Демакина И. И., Тарбаев В. А., Денисов К. Е. Влияние агроэкологических условий на продуктивность зональных ландшафтов Саратовской области // Аграрный научный журнал. 2021. № 12. С. 45–49. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp45-49>.

AGRONOMY

Original article

Influence of agroecological conditions on the productivity of zone landscapes of the Saratov region

Mikhail Yu. Nesvetaev¹, Denis I. Gubarev¹, Irina I. Demakina², Vladimir A. Tarbaev², Konstantin E. Denisov²

¹ Agricultural Research Institute for South-East Region, Saratov, Russia,

² Saratov State Agrarian University named after N.I. Vailov, Saratov, Russia
tarbaev1@mail.ru.

Abstract. The article reveals the features of the watershed and slope natural boundaries of the northern, typical and arid steppe. For the soils of test sites No. 5 (Saratov) and No. 9 (Krasny Kut), a higher content of mobile forms of phosphorus and potassium was revealed on the northern slopes, in contrast to the southern slopes. The soils of the northern slopes of test sites No. 1 (Arkadak) is less supplied with macronutrients than soils of southern expositions. Plakor soils on test sites No. 1, No. 5 are better than slope tracts provided with K_2O , but worse than P_2O_5 . Soil productivity of watershed types of tracts of test sites No. 1, No. 5 are above the slopes. Northern slopes of test sites No. 1 are less productive than the southern ones. On test sites No. 5, on the contrary, the northern slopes are more productive than the southern ones. On test sites No. 9 southern slopes are more productive than watersheds and northern slopes. The dependence of the SCC in the phase of tube-heading and the future harvest was revealed. An increase in the hydrothermal index from 0.3 to 0.45 in this phase of wheat development under conditions of the test sites No. 5 gave a 2-fold increase in yield. The quality of spring soft wheat grown on the slopes of the southern exposure is higher than on the watersheds and slopes of the northern exposure for all objects of study.

Keywords: agrochemistry; agroecology; GIS; slope steepness; landscapes; productivity; tracts; slope exposure.

For citation: Nesvetaev M. Yu., Gubarev D. I., Demakina I. I., Tarbaev V. A., Denisov K. E. Influence of agroecological conditions on the productivity of zone landscapes of the Saratov region. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(12): 45–49. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i12pp45-49>.

Введение. Саратовская область находится в юго-восточной части Русской равнины. Её площадь чуть более 100 тыс. км². Территория Саратовской области богата своим ландшафтным разнообразием. С северо-запада на юго-восток здесь сменяются 3 растительно-климатические зоны: лесостепь (17 % территории), степь (78 % территории), полупустыня (5 % территории). Степь, в свою очередь, подразделяется на северную, типичную и засушливую (рис.1) [11].

Нарастание континентальности к юго-востоку обуславливает изменение почвенного покрова в том же направлении от типичных черноземов в Ртищевском районе до светло-каштановых почв Александрово-Гайского. Природа этого явления, выразившаяся в законе географической зональности, была впервые обоснована в труде В.В. Докучаева «Русский чернозем» [3].

В рамках Саратовской области основными типами почв являются каштановые (35 %), черноземы обыкновенные (20 %) и черноземы южные (11 %) [7].

Саратовская область является одним из наиболее крупных районов страны по возделыванию яровой пшеницы с ежегодными посевными площадями около 300 тыс. га. [8]. Необходимость в исследованиях, направленных на поиск современных технологических решений по возделыванию этой ценной культуры, в условиях изменяющегося климата, вызвана снижением стабильности в получении запланированной урожайности.





Современные достижения агроландшафтоведения, опирающегося на инструментарий ландшафтоведения классического, позволило на рубеже XX–XXI вв. прийти к теории адаптивно-ландшафтных систем земледелия, которые учитывают местные агроэкологические условия и адаптируют сельскохозяйственный процесс под них.

Агроэкологические условия агроландшафта – это совокупность литологических, геоморфологических, почвенных, климатических условий конкретного местоположения. Бассейновый метод изучения ландшафта позволяет выделить на его территории водораздельный, склоновый и долинный тип урочищ.

Наиболее заметные различия, при формировании агроэкологических условий, отмечаются на полярных склонах (северной и южной экспозиций). В Саратовской области широкий спектр экспозиций склонов. Экспозиция и крутизна склона определяют местные особенности притока солнечной радиации. Связанное с этим формирование микроклиматических вариаций создает в пределах отдельных типов урочищ различия в почвенном покрове на уровне родов почв и ниже, а, следовательно, и условий для формирования полевых культур.

Цель исследования – выявление агроэкологических закономерностей в функционировании типов урочищ в разных ландшафтных районах и влияние этих закономерностей на выращивание яровой пшеницы.

Методика исследований. Исследования проведены в 2018–2020 гг. на тестовых полигонах (т.п.) ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» в Саратовской области: т.п. № 1 (п. Росташи, Аркадакский район, Елань-Терсинский ландшафтный район, Большеаркадакско-Ольшанская местность), т.п. № 5 (г. Саратов, Чардымо-Курдюмский ландшафтный район, Гусельская местность), т.п. № 9 (п. Семенной, Краснокутский район, Еруслано-Бизюковский ландшафтный район, Еруслано-Жидкосолянская местность), рис. 1.

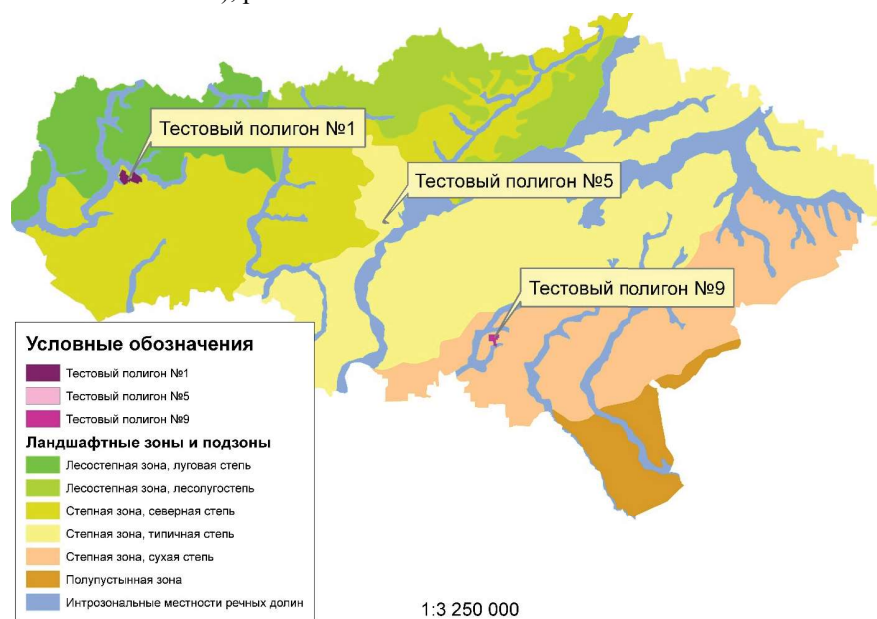


Рис. 1. Ландшафтные зоны и подзоны Саратовской области (составлено авторами по материалам [10])

Характеристика почвенного покрова включала в себя определение агрохимических и агрофизических особенностей почв водораздельных и склоновых типов урочищ. Отобранные в четырехкратной повторности почвенные образцы были подвергнуты следующим анализам:

определение нитратного азота ($N-NO_3$) в почвенных образцах определялось потенциометрическим методом на иономере;

подвижные формы фосфора и калия – в 1 % углеаммонийной вытяжке по Мачигину по ГОСТ 26205-91;

валовое содержание углерода – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-96);

гранулометрический состав почвы определялся пирофосфатным методом по Качинскому.

С целью определения продуктивности типов урочищ была проведена биологическая уборка урожайности яровой пшеницы методом линейных метров в четырёхкратной повторности.

Климатическая характеристика дана по метеостанциям «Росташи» (т.п. № 1), «Саратов ЮВ» (т.п. № 5), «Красный Кут» (т.п. № 9). Приход солнечной радиации на поверхность был рассчитан с помощью инструмента «Солнечное излучение» в ГИС ArcMap.

Ландшафтные карты местностей для оконтуривания типов урочищ построены по методикам ландшафтного картографирования кафедры физической географии и ландшафтной экологии СГУ им. Чернышевского [6] и лаборатории ландшафтоведения Географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова [1].

Результаты исследований. Северные склоны по рассматриваемым местностям менее обеспечены солнечной энергией, преимущественно более пологие и длинные, в отличие от южных, коротких и крутых. Так, южные склоны тестового полигона № 1 имеют крутизну 2,2°, северные – 1,2°. Южные склоны тестового полигона № 9 имеют среднюю крутизну 0,6°, а северные – 0,7°. Южный склон на тестовом полигоне № 5 составляет 4,2°, тогда как северный – 2,5°. Таким образом, Саратовское правобережье более контрастно в отношении крутизны северных и южных склонов, в то время как склоны разных экспозиций в Левобережье практически не различимы по крутизне склонов.

Данные примечания важны, так как от крутизны склона зависит изменение температуры вследствие изменения угла падения солнечных лучей. С увеличением крутизны склона увеличивается его нагревание. Угол падения солнечных лучей на горизонтальную поверхность определяется при расчетах по широте той местности, где находится данный склон. Один градус южного склона перемещает это место на 10° географической широты к югу и, наоборот, один градус северного склона – к северу. Влияние крутизны склона не так прямолинейно соответствует влиянию географической широты. Но все равно такая зависимость существует, и она показывает, что малозаметный склон оказывает воздействие на растительность [9].

Климатические условия, характерные для степной зоны Саратовской области в ключевые фазы развития (выход в трубку – колошение) яровой мягкой пшеницы – наиболее засушливые. ГТК за годы исследования в этот период не превышает 0,4 (рис. 2).

Но именно в эту фазу развития растение больше всего расходует влаги (60 %) [5]. В фазу кушения ГТК в среднем по степной зоне области равен 0,6, в фазу прорастания и всходов – 0,8. В период созревания пшеницы, когда культура практически не нуждается во влаге, ГТК составляет 0,8.

В целом в мае–июле за трехлетний период наблюдался недостаток осадков в Красном Куте и Саратове, где было зафиксировано 68,7 и 88,7 % от среднеголетних значений за тот же период. В Росташах, напротив, сложилась тенденция к повышению количества осадков за май–июль, составив 145,6 мм (105 % от нормы).

Приход солнечной радиации по данным местностям тем равномернее, чем меньше крутизна территории (см. таблицу). Так, на т.п. № 1, при средней крутизне в $1,7^\circ$ различия в инсоляции между полярными склонами составляют $36,9 \text{ МДж/м}^2$. На т.п. № 9 с крутизной $0,65^\circ$ различия в приходе солнечной энергии составили $15,6 \text{ МДж/м}^2$, тогда как т.п. № 5 со средней крутизной склонов $3,35^\circ$ – $115,3 \text{ МДж/м}^2$.

Агроэкологические показатели тестовых полигонов, 2018–2020 гг.

| Тип урочища | Нитрификационная способность почвы, мг/кг | Фосфор, мг/кг | Калий, мг/кг | Гумус, % | Физическая глина, % | Инсоляция, МДж/м ² | Урожайность, ц/га |
|-------------------|-------------------------------------------|---------------|--------------|----------|---------------------|-------------------------------|-------------------|
| т.п. № 1 | | | | | | | |
| Склон СЭ | 7,5 | 38,0 | 200,8 | 5,7 | 56,7 | 3154,4 | 24,3 |
| Водораздел | 7,8 | 30,6 | 286,7 | 5,4 | 52,6 | 3175 | 30,0 |
| Склон ЮЭ | 8,55 | 40,1 | 243,8 | 5,6 | 48,6 | 3191,3 | 26,8 |
| НСР ₉₅ | 3,2 | 14,9 | 67,7 | 0,5 | – | – | 7,2 |
| т.п. № 5 | | | | | | | |
| Склон СЭ | 5,1 | 38,3 | 271,1 | 2,9 | 53,6 | 3414,7 | 15,8 |
| Водораздел | 3,4 | 36,9 | 375,0 | 3,2 | 55,0 | 3482 | 16,0 |
| Склон ЮЭ | 5,65 | 29,2 | 253,9 | 3,0 | 49,5 | 3520 | 12,8 |
| НСР ₉₅ | 2,3 | 16,8 | 42,0 | – | – | – | 1,9 |
| т.п. № 9 | | | | | | | |
| Склон СЭ | 2,65 | 47,0 | 366,2 | 2,4 | 34,4 | 3641,4 | 7,4 |
| Водораздел | 1,65 | 43,8 | 360 | 2,7 | 28,8 | 3655,0 | 8,4 |
| Склон ЮЭ | 1,75 | 43,6 | 314,2 | 2,1 | 48,0 | 3657,0 | 11,0 |
| НСР ₉₅ | 1,6 | 9,3 | 41,8 | 0,3 | 7,7 | – | 2,9 |

Обеспеченность почв элементами питания водораздельного и склоновых типов урочищ свидетельствует о том, что макроэлементами лучше обеспечены северные склоны т.п. № 5 ($38,3 \text{ мг/кг}$ подвижного фосфора (P_2O_5) и $271,1 \text{ мг/кг}$ подвижного калия (K_2O)) и т.п. № 9 ($47,0 \text{ мг/кг}$ P_2O_5 и $366,2 \text{ мг/кг}$ K_2O) (см. таблицу). Наоборот, почвы северных склонов т.п. № 1 менее обеспечены макроэлементами ($38,0 \text{ мг/кг}$ P_2O_5 и $200,8 \text{ мг/кг}$ K_2O), чем почвы южных склонов ($40,1 \text{ мг/кг}$ P_2O_5 и $243,8 \text{ мг/кг}$ K_2O). Нитрификационная способность почв выше на северных склонах тестового полигона № 9 ($2,65 \text{ мг/кг}$ на северном склоне и $1,75 \text{ мг/кг}$ на южном склоне). На т.п. № 5 и т.п. № 9 почвы южных склонов с большей нитрификационной способностью ($5,65 \text{ мг/кг}$ на т.п. № 5 и $8,55 \text{ мг/кг}$ на т.п. № 1), в отличие от северных ($5,1$ и $7,55 \text{ мг/кг}$ соответственно). Полученная закономерность для южных склонов т.п. № 5 и № 1 связана с большим содержанием гумуса в почвах ($3,0 \%$ на т.п. № 5 и $5,6 \%$ на т.п. № 9), с меньшим содержанием физической глины ($49,5 \%$ и $48,6 \%$ соответственно), что повышает аэрацию почв и создает там более благоприятные условия. Также стоит отметить, что на т.п. № 9, с его очень засушливыми условиями, складываются более благоприятные условия для нитрификации именно на северном склоне, на котором меньше приход солнечной радиации и, следовательно, меньше испарение влаги из почвы.

Продуктивность территории, являясь отражением потенциального плодородия, выше на северном склоне ($15,8 \text{ ц/га}$), в отличие от южного ($12,8 \text{ ц/га}$) на т.п. № 5. В условиях т.п. № 1, напротив, склоны южной экспозиции

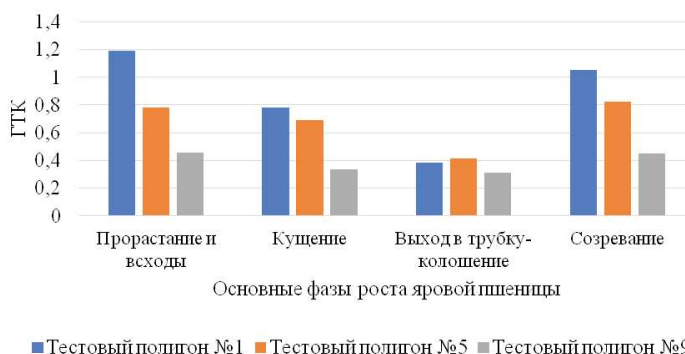


Рис. 2. Гидротермический коэффициент по фазам роста яровой пшеницы в среднем за 2018–2020 гг.



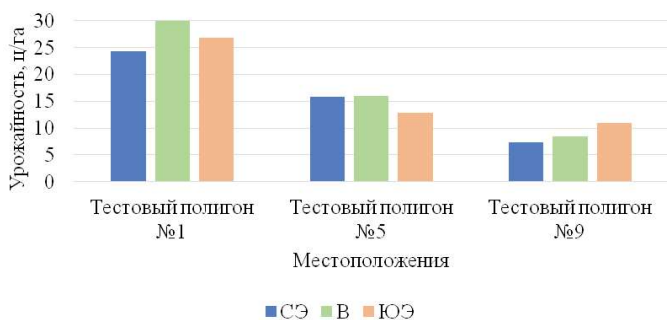


Рис. 3. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от местоположения и экспозиции склона в среднем за 2018–2020 гг. по Саратовской области:
СЭ – склоновый тип урочища северной экспозиции;
В – водораздельный тип урочища;
ЮЭ – склоновый тип урочища южной экспозиции

склоне и водоразделе, что позитивно сказывается на росте растения, особенно в его стартовой фазе, что также подтверждается данными по степной зоне других регионов [4].

Так, почвы северных склонов перед посевом содержали 3,0 мг/кг нитратного азота, тогда как почвы южных склонов к этому моменту успевали накопить его до 6,0 мг/кг. На почвах водораздельных урочищ содержание нитратного азота в это время составляло 2,2 мг/кг. На тестовых полигонах № 5 и № 1 различия между склонами менее существенны и не превышали 1 мг/кг.

Установлено, что ГТК в фазы выхода в трубку – колошения существенно влияет на будущий урожай.

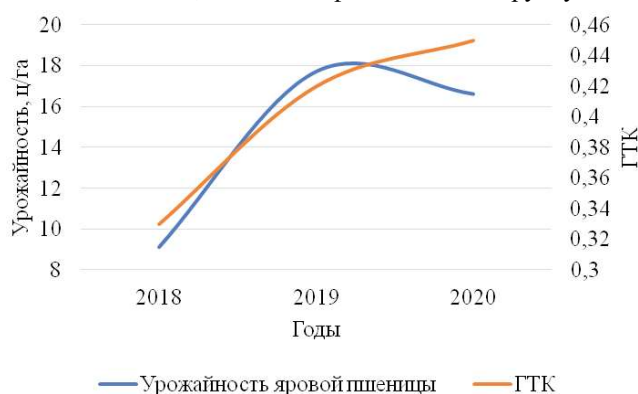


Рис. 4. Зависимость урожайности яровой мягкой пшеницы от ГТК в фазу выхода в трубку-колошения на т.п. № 5 за 2018–2020 гг.

Например, на т.п. № 5 в 2018 г. ГТК в фазу выхода в трубку – колошения составил 0,3, что повлияло на будущий урожай, который составил 9,1 ц/га. В 2019–2020 гг. ГТК в аналогичную фазу составлял 0,4–0,45, что повысило урожайность почти в 2 раза по сравнению с 2018 г. (рис. 4). Подобные же зависимости ГТК данного периода развития пшеницы и итоговой урожайности установлены и для тестовых полигонов № 1 и № 9, когда с повышением ГТК на 0,6 для т.п. № 1 и на 0,3 для т.п. № 9 происходил рост продуктивности на 2,5 и 2,4 ц/га соответственно.

Таким образом, продуктивность рассматриваемых территорий сводится к тому, что почвы водораздельных типов урочищ т.п. № 1 и т.п. № 5 продуктивнее склоновых типов урочищ, а на т.п. № 9 плакорная часть менее продуктивна, чем склоновая.

Разные экспозиции склоновых типов урочищ на т.п. № 1 и т.п. № 5 различны в своей урожайности. На т.п. № 5 более продуктивны северные склоны, тогда как на т.п. № 1 – южные, так как именно там, учитывая ГТК при посеве и в фазу прорастания и всходов в среднем за 3 года создаются более комфортные условия (выше суммарное количество макроэлементов и больше приход солнечной радиации, чем на северном склоне, что способствует быстрому созреванию почвы). Яровая пшеница на южных склонах т.п. № 5 часто находится в крайне неблагоприятных условиях, и по продуктивности приближается к условиям т.п. № 9.

Качество яровой пшеницы, в отличие от урожайности, к юго-востоку нарастает (рис. 5).

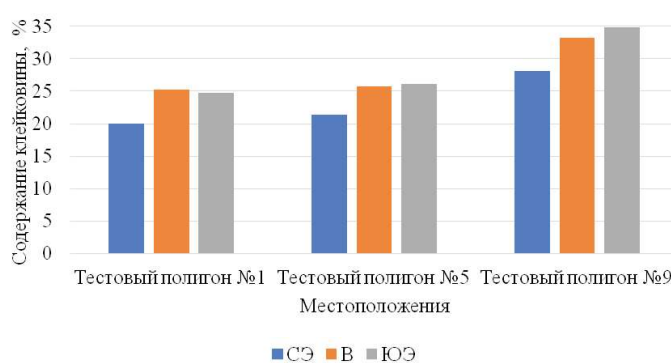


Рис. 5. Содержание клейковины в яровой пшенице в зависимости от местоположения и экспозиции склона в среднем за 2018–2020 гг. по тестовым полигонам:
СЭ – склоновый тип урочища северной экспозиции;
В – водораздельный тип урочища; ЮЭ – склоновый тип урочища южной экспозиции

Так, на рис. 5 мы видим, что от северной экспозиции к южной содержание клейковины возрастает по всем полигонам исследования.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что агроэкологические условия возделывания яровой мягкой пшеницы напрямую влияют на количество получаемой продукции и её качество. Полученная в результате ландшафтного анализа информация позволит планировать выращивание сельскохозяйственных культур и наиболее эффективно использовать природные ресурсы.

Заключение. Для почв тестовых полигонов № 5 и № 9 выявлено более высокое содержание подвижных форм фосфора и калия на северных склонах, а для почв т.п. № 1 – на склонах южной экспозиции. Почвы плакоров на т.п. № 1 и т.п. № 5 лучше склоновых урочищ обеспечены K_2O , но хуже P_2O_5 .



Продуктивность почв водораздельных типов урочищ т.п. № 1 и т.п. № 5 выше склоновых. Северные склоны т.п. № 1 менее продуктивны по сравнению с южными. На т.п. № 5, напротив, северные склоны более продуктивны, нежели южные, которые по своей продуктивности ближе к средней урожайности т.п. № 9. На т.п. № 9 южные склоны продуктивнее водоразделов и склонов северной экспозиции.

Выявлена зависимость ГТК в фазу выхода в трубку – колошения и будущего урожая. Повышение ГТК в эту фазу развития пшеницы на 1,5 ед. в условиях т.п. № 5 дало прибавку урожайности в 2 раза.

Качество яровой мягкой пшеницы, выращенной на склонах южной экспозиции, выше, чем на водоразделах и склонах северной экспозиции по всем объектам исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Видина А. А. Методические указания по полевым крупномасштабным ландшафтными исследованиям (Для целей сельскохозяйственного производства в средней полосе Русской равнины) / под ред. Н. А. Солнцева. М., 1962. 132 с.
2. Гагина И. С., Нарожная А. Г., Буряк Ж. А. Уточнение агроэкологических характеристик сельскохозяйственных угодий с использованием ГИС-технологий // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2–1. С. 776.
3. Докучаев В. В. Русский чернозем. М.; Л., 1936. 550 с.
4. Исмагилов Р. И., Хасанов Р. А. Качество и технология производства хлебопекарного зерна пшеницы. Уфа, 2005. 200 с.
5. Корчагина И. А. Водный режим почвы и водопотребление яровой пшеницы по группам спелости в южной лесостепи Западной Сибири // *Бюллетень науки и практики*. 2017. № 1 (14). С. 93–99.
6. Ландшафтное картографирование: учеб.-метод. пособие для студентов, обучающихся по направлениям 021000 «География» (профиль «Физическая география»), 021000 «География» (магистерская программа «Ландшафтное планирование»), 022000 «Экология и природопользование» (профиль «Природопользование»), 230700 «Прикладная информатика» (профиль «Геоинформатика») / сост.: В. З. Макаров, Н. В. Пичугина, В. А. Данилов, А. В. Федоров. Саратов, 2013. 100с. : ил.
7. Медведев И. Ф. Агроэкологические основы повышения плодородия склоновых черноземных почв Поволжья: дис. ... д-ра с.-х. наук / И. Ф. Медведев. Саратов, 2001. 384 с.
8. Пряхина С. И., Скляр Ю. А., Васильева М. Ю., Фридман Ю. Н., Белоцерковская А. В. Агротематологические условия формирования продуктивности яровой пшеницы по межфазным периодам онтогенеза // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Науки о Земле*. 2008. Т. 8. № 1. С. 22–25.
9. Соколова Г. Г. Влияние высоты местности, экспозиции и крутизны склона на особенности пространственного распределения растений // *Acta Biologica Sibirica*. 2016. № 2 (3). С. 34–45.
10. Учебно-краеведческий атлас Саратовской области / В. В. Аникин [и др.]; гл. ред. А.Н. Чумаченко, отв. ред. В. З. Макаров. Саратов, 2013. 144 с.
11. Фёдоров А. В., Макаров В. З. К методологии комплексного геоэкологического районирования региона на основе концептуальных моделей современного ландшафтоведения (на примере Саратовской области) // *Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле*. 2019. Т. 19. Вып. 2. С. 87–96.

REFERENCES

1. Vidina A. A. Methodological guidelines for large-scale field land-scoping studies (For agricultural production in the middle zone of the Russian Plain) / ed. N. A. Solntseva. Moscow; 1962.132 p. (In Russ.).
2. Gagina I. S., Narozhnyaya A. G., Buryak Zh. A. Clarification of agroecological characteristics of agricultural land using GIS technologies. *Modern problems of science and education*. 2015; 2-1: 776. (In Russ.).
3. Dokuchaev V. V. Russian chernozem. Moscow; Leningrad, 1936. 550 p. (In Russ.).
4. Ismagilov R. I., Khasanov R. A. Quality and technology of production of bakery grain of wheat. Ufa; 2005. 200 p. (In Russ.).
5. Korchagina I. A. Water regime of soil and water consumption of spring wheat by maturity groups in the southern forest-steppe of Western Siberia. *Bulletin of Science and Practice*. 2017; 1 (14): 93–99. (In Russ.).
6. Landscape mapping: study guide. manual for students studying in the areas 021000 “Geography” (profile “Physical Geography”), 021000 “Geography” (master’s program “Landscape Planning”), 022000 “Ecology and Nature Management” (profile “Nature Management”), 230700 “Applied Informatics “(profile” Geoinformatics”) / compiled by V.Z. Makarov, N.V. Pichugina, V.A. Danilov, A.V. Fedorov. Saratov; 2013.100 p. (In Russ.).
7. Medvedev I. F. Agroecological basis for increasing the fertility of slope chernozem soils of the Volga region: doctoral dissertation. Saratov; 2001.384 p. (In Russ.).
8. Pryakhina S. I., Sklyarov Yu. A., Vasilyeva M. Yu., Fridman Yu. N., Belotserkovskaya A. V. Agrometeorological conditions for the formation of the productivity of spring wheat by the interphase periods of ontogenesis. *Izvestiya Saratov University*. New series. Series: Earth Sciences. 2008; 8; 1: 22–25. (In Russ.).
9. Sokolova G. G. Influence of terrain height, exposure and slope steepness on the features of the spatial distribution of plants. *Acta Biologica Sibirica*. 2016; 2 (3): 34–45. (In Russ.).
10. Educational atlas of the Saratov region / V. V. Anikin et al.; ed. A. N. Chumachenko, V. Z. Makarov. Saratov; 2013.144 p. (In Russ.).
11. Fedorov A. V., Makarov V. Z. On the methodology of complex geoecological zoning of the region on the basis of conceptual models of modern landscape science (on the example of the Saratov region) // *Izvestiya Saratov University*. 2019; 19; 2: 87–96. (In Russ.).

*Статья поступила в редакцию 29.08.2021; одобрена после рецензирования 04.09.2021; принята к публикации 15.09.2021.
The article was submitted 29.08.2021; approved after reviewing 04.09.2021; accepted for publication 15.09.2021.*

