BIOECOLOGICAL POTENTIAL OF WINTER WHEAT VARIETY «CAPITAN» DURING THE AUTUMN-WINTER PERIOD WHEN GROWING ON SLOP LANDS IN AGROFOREST LANDSCAPES OF THE MIDDLE DON

¹A.I. Uzzolin, ²V.P. Voronina, ¹A.V. Kulik

¹ «Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective
Afforestation of the Russian Academy of Science», Volgograd

² Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 01.03.2021

Submitted 11.05.2021

Summary

Bioecological features of winter wheat of the Capitan variety indicate a high adaptive potential in the system of slope agroforests, its cultivation in adaptive landscape agriculture allows to increase the biodiversity and productivity of agricultural land.

Abstract

Introduction. Development of the adaptive landscape farming system allows to intensify agricultural production and grow crops on sloping lands, ensuring not only the agricultural landscapes sustainable development and obtaining stable high yields, but also the soil cover preservation from degradation. Introduction of the new varieties makes it necessary to study their adaptation to their farming conditions on the slope agroforest landscape. **Object.** The study object was the winter wheat crops of the new Capitan variety in the agroforest landscapes system of the Kletsky district of the Volgograd region on slopes with a steepness of up to 2.5°. **Materials and methods.** The observations carried out on experimental fields with normal (02.09) and late sowing dates (21.09), the seeding rate of 4.0 and 4.5 million tons of germinating seeds. The biological potential of the Capitan variety was evaluated in the autumn-winter period on the basis of determining the safety of crops, the degree of plants tillering, their availability of moisture according to generally accepted methods. Accounting area size was 0.3 m², and the repeatability – three times. Statistical analysis was performed in Microsoft Excel software. Features of the moisture accumulation and distribution in the soil in the inter-lane space carried out using Surfer software. **Results and summary.** Experimental fields were located across the slope on the agricultural landscapes of type I and II territory (according to Shabaev A. I., 2014), where plowing is allowed up to 65-70%. A new variety of soft winter wheat Capitan was entered into the State Register in 2016. It has high production qualities, is mid-early ripeness, and is recommended for growing in low-snow winters and unstable moisture. The weather conditions analysis showed that precipitation during the season fell unevenly. Before sowing, the soil moisture in the 0-10 cm layer varied from 5.6 to 11.2 mm of productive moisture, which was sufficient for good seed germination. The total of the air temperatures in the autumn period was 120°C with a norm of 86°C (exceeding 34°C), which provided a good thermal regime of plants. The winter wheat sowings carried out on 02.09 gained 884.0°C, the sowings on 21.09 – 553.3°C of the total of active temperatures, which allowed the majority of individuals to form well-developed spreading plants by the end of the autumn growing season (November 10). During the autumn period, the reserve of productive moisture in the soil layer of 0-30 cm was 19.7-20.7 mm, and in the zone of forest belts influence (0.5 H) 24.7-33.3 mm. When analyzing the degree of tillering and the height of crops, it was found that at the seeding rate of 180 kg/ha (4.0 million germinating seeds) regardless of the sowing time, there is an increase in the height of plants due to the better provision of the plant nutrition area. With an increase in the seeding rate to 200 kg/ha (4.5 million germinating seeds) the percentage of aboveground tillering shoots increases from 2 to 4 pcs. (47.4 – 63.7%), which affects winter the improvement of hardiness of the crop. The safety of seedlings on the crops of the early sowing period (September 2) by the end of autumn was 70-75%, on the late (September 21) 75-80%. The analysis of the total height of shoots on one plant, depending on the tillering degree, revealed stable linear relationships with correlation coefficients of 0.98-0.99, which makes it possible to predict the bioproductivity of plants.

Key words: winter wheat of the variety «Capitan», bioecology of winter wheat in the autumn-winter period, soil moisture dynamics, slope agroforest landscapes of the Middle Don.

Citation. Uzolin A.I., Voronina V.P., Kulik A.V. Bioecological potential of winter wheat variety «Capitan» during the autumn-winter period when growing on slop lands in agroforest landscapes of the middle Don. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 196-208 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-21.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.11:631.524.85:630*232.22

БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ СОРТА КАПИТАН В ОСЕННЕ-ЗИМНИЙ ПЕРИОД ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ В АГРОЛЕСОЛАНДШАФТАХ СРЕДНЕГО ДОНА

А. И. Узолин¹, кандидат сельскохозяйственных наук

В. П. Воронина², доктор сельскохозяйственных наук

А. В. Кулик¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФГБНУ Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения РАН, г. Волгоград

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 01.03.2021

Дата принятия к печати 11.05.2021

Актуальность. Разработка системы адаптивно-ландшафтного земледелия позволяет интенсифицировать сельскохозяйственное производство, осуществлять выращивание сельхозкультур на склоновых землях, обеспечивая не только устойчивое развитие агроландшафтов и получение стабильных высоких урожаев, но и сохранение почвенного покрова от деградации. Внедрение новых сортов обуславливает необходимость изучения их адаптации к условиям их выращивания на склоновом агролесоландшафте. **Объект.** Объектом исследования являлись посевы озимой пшеницы нового сорта Капитан в системе агролесоландшафтов Клетского района Волгоградской области на склонах крутизной до 2,5°. **Материалы и методы.** Наблюдения проводились на опытных полях с нормальным (02.09) и поздним сроками сева (21.09), норма высева 4,0 и 4,5 млн всхожих семян. Биологический потенциал сорта Капитан оценивался в осенне-зимний период на основе определения сохранности посевов, степени кущения растений, обеспеченности их влагой по общепринятым методикам, размер учетной площади 0,3 м², повторность – трехкратная. статистический анализ проводился в Excel. особенности накопления и распределения влаги в почве на межполосном пространстве осуществлялся с использованием Surfer. **Результаты и выводы.** Опытные поля располагаются поперек склона на территории агроландшафтов I и II типа (по Шабаеву А. И., 2014), где допускается распаханность до 65-70 %. Новый сорт мягкой озимой пшеницы Капитан внесен в Госреестр в 2016 г. Он обладает высокими продукционными качествами, среднеранний, рекомендуется для выращивания при малоснежных зимах и неустойчивом увлажнении. анализ погодных условий показал, что осадки в течение сезона выпадали неравномерно. Перед посевом влажность почвы в слое 0-10 см варьировала от 5,6 до 11,2 мм продуктивной влаги, что было достаточно для хорошего прорастания семян. Сумма температур воздуха осеннего периода составила 120 °С при норме 86 °С (превышение 34 °С), что обеспечило хороший тепловой режим растений. Посевы озимой пшеницы, проведенные 02.09, набрали 884,0 °С, посевы 21.09 – 553,3 °С суммы активных температур, что позволило к окончанию осенней вегетации (10 ноября) сформировать у большинства особей на всех вариантах опыта хорошо развитые раскустившиеся растения. За период осенней в почвенном слое 0-30 см запас продуктивной влаги составлял 19,7-20,7 мм, а в зоне влияния лесополос (0,5Н) 24,7-33,3 мм. При анализе степени кущения и высоты посевов установлено, что при норме высева семян 180 кг/га (4,0 млн

всхожих семян) независимо от сроков сева происходит увеличение высоты растений из-за лучшей обеспеченности площади питания растений. При увеличении нормы высева до 200 кг/га (4,5 млн всхожих семян) возрастает доля надземных побегов кушения от 2 до 4 шт. (47,4 до 63,7%), что влияет на улучшение зимостойкости культуры. Сохранность всходов на посевах раннего срока сева (2 сентября) к концу осени составляла 70-75 %, на поздних (21 сентября) 75-80 %. Проведенный анализ суммарной высоты побегов на одном растении в зависимости от степени кушения выявил устойчивые линейные связи с коэффициентами корреляции 0,98-0,99, позволяющем прогнозировать биопродуктивность растений.

Ключевые слова: сорта озимой пшеницы, Капитан, биоэкология озимой пшеницы, динамика влажности почвы, склоновые агролесоландшафты, Средний Дон.

Цитирование. Узолин А. И., Воронина В. П., Кулик А. В. Биоэкологический потенциал озимой пшеницы сорта Капитан в осенне-зимний период при выращивании на склоновых землях в агролесоландшафтах Среднего Дона. *Известия НВ АУК*. 2021. 2(62). 196-208. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-21.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Применяемые зональные системы земледелия до конца прошлого века не рассматривались как единое целое явление природно-хозяйственной деятельности. Однако интенсификация земледелия в условиях рыночных отношений потребовала более глубокой адаптации к ландшафтным и природно-климатическим условиям, особенно при использовании новых сортов и агротехнологий. Разработанная Кирюшиным В. И. и Ивановым А. Л. (2005) методология адаптивно-ландшафтного земледелия позволила совместить природно-ресурсный потенциал агроландшафта и современные агротехнологии, что существенно расширило возможности использования современной техники и интенсивных сортов сельскохозяйственных культур, позволило не только увеличить продуктивность выращиваемых растений, но и сохранить почвенное плодородие.

Интенсификация агротехнологий выращивания зерновых культур на адаптивно-ландшафтной основе позволяет вовлечь в сельскохозяйственное производство мало-пригодные склоновые земли, которые имеют надежную защиту от эрозии почвы. При этом важно создать высокое биоразнообразие агроэкосистем и здоровую фитопатологическую обстановку в агроценозах.

Волгоградская область – один из крупнейших регионов производства озимой пшеницы. По данным [14], площадь под посевами озимой пшеницы с 2015 г. возросла в 2 раза и в 2020 гг. составила 1528 тыс. га, средняя урожайность за 2015-2019 гг. – 2,64 т/га. Выращивание различных сортов сельскохозяйственных культур, в том числе озимой пшеницы, позволяет сформировать необходимое (потенциально возможное) биоразнообразие в пределах агроэкосистемы, так как каждый сорт адаптирован не только к почвенно-климатическим условиям, но и к биотическому воздействию [3, 9, 13, 19-22]. То есть в конечном итоге формируется достаточно устойчивая биотическая среда, требующая минимального антропогенного воздействия.

На склоновых землях наиболее остро могут проявляться негативные условия, связанные с осенним развитием растений до момента зимнего покоя (влажность почвы, достаточное количество тепла), а также сохранность посевов в зимний период, зависящая от биоэкологических особенностей растений (морозостойкость, степень кушения) и погодных условий, приводящих к образованию ледяной корки, отсутствию снежного покрова.

Целью исследований являлось выявление биозкологических особенностей озимой пшеницы нового сорта Капитан к концу осенней вегетации в посевах с разной нормой высева и сроках посева семян на склоновых землях агролесоландшафта.

Интенсивность кущения зависит от ряда внешних факторов: длины светового дня, температуры воздуха, обеспеченности элементами питания, густоты стояния и глубины заделки семян. Формирование у озимой пшеницы хорошо развитых побегов происходит в случае набора суммы активных температур за период осенней вегетации – 400-600°C (Иванов В.М., 2005). Оптимальным считается формирование растением озимой пшеницы в осенний период трех-шести хорошо развитых побегов. Это очень важный показатель, используя который, агроном может оценить правильность выбранной агротехнологии и сорта.

Большинство ученых считает, что как чересчур ранние, так и поздние посевы приводят к недобору урожая. При ранних сроках посева отмечается пониженная всхожесть семян, растения могут обильно куститься и перерастать, неэффективно используют влагу и питательные вещества, повреждаются вредителями и болезнями, особенно в годы с продолжительной, теплой и дождливой осенью. Также они обладают слабой морозо- и зимостойкостью из-за глубокого залегания корневой системы в незамерзшей почве. В период налива зерна такие посевы сильнее подвергаются влиянию почвенной и воздушной засухам. Поздние посевы из-за ограниченности периода осенней вегетации не успевают раскуститься, пройти закалку и уходят в зиму ослабленными, что иногда приводит к их гибели. Растения в таких посевах отстают в развитии, обладают слабой морозостойкостью, потому что корни находятся в верхнем слое почвы и при наступлении оттепелей быстро выходят из состояния покоя, а в период активной вегетации сильнее страдают от суховея [6].

В результате научных исследований сформировалась общепринятая точка зрения в отношении оптимальных сроков сева озимых для различных зон Волгоградской области. По Иванову В.М. (2005), оптимальными сроками сева в условиях Клетского района Волгоградской области, принадлежащего к сухостепной зоне темно-каштановых почв, является период с 31 августа по 10 сентября. По данным исследований посев озимых после 12-15 сентября нежелателен, так как снижается их урожайность [17]. На практике часто допускаются отклонения в принятых сроках посева, что может быть обусловлено более продолжительной и теплой осенью, когда погодные условия благоприятствуют росту и развитию растений, впоследствии не приводя к снижению продуктивности озимых культур [2, 4].

Материалы и методы. Поля с опытными посевами располагались на территории Клетского района Волгоградской области. Абсолютные высотные отметки изменяются от 105 до 114 м. Базис эрозии составляет 9 м. Средняя крутизна склонов 1,49°, максимальная – 2,54°. Поля со всех сторон находятся под лесомелиоративной защитой [8]. Ширина межполосных пространств небольшая – 80-100 м, что препятствует потерям зимних осадков в результате снегопереноса. Почвенный покров представлен темно-каштановыми почвами средней степени смытости.

На полях осенью 2020 г. заложены четыре варианта опыта с нормальными и поздними сроками сева:

- нормальный 2 сентября: I поле – площадь 1,0 га, норма высева 180 кг/га 4 млн всхожих семян; III поле – 1,9 га, 200 кг/га – 4,5 млн всхожих семян;
- поздний 21 сентября: II поле – площадь 0,6 га, норма высева 180 кг/га - 4 млн всхожих семян; IV поле – 1,0 га, 200 кг/га – 4,5 млн всхожих семян.

Подготовку почвы под озимую пшеницу проводили по системе черного пара. Посев сплошной рядовой с расстоянием между рядами 15 см. Глубина заделки семян – 6-7 см. При подготовке к севу оценена жизнеспособность семян сорта Капитан: энергия прорастания составляла 79 %, всхожесть – 92 %. Поражение грибом не зафиксировано. Масса 1000 зерен – 40,8 г.

При определении биологического потенциала озимой пшеницы применялись общепринятые методы по оценке качества семенного материала [5], анализу состояния посевов (размер учетной площади 0,3 м², повторность – трехкратная) (Филин В. И., 1994). Исследования выполнены в соответствии с методиками полевого опыта П. Н. Константинова (1963) и Б. А. Доспехова (2014).

Влажность почвы изучалась буровым методом в третьей декаде августа перед посевом и в конце ноября, перед уходом растений в зиму. Отбор проб почвы проводился в 3-кратной повторности по профилям: на расстоянии 0,5Н от лесополос и в середине междурядного пространства через каждые 10 см до глубины 1,0 м. Влажность почвы определялась термостатно-весовым методом. Статистический анализ первичных данных и построение графиков осуществлялись с использованием программ Excel и Surfer.

Результаты и обсуждение. По классификации Шабаева А. И. [18] территория полей принадлежит к первому и второму типу агроландшафтов Поволжья. Агроландшафты I типа – это полевые севообороты, располагающиеся на ландшафтах с равнинным типом местности, где допускается распаханность 65-70 %, для II типа характерно снижение распаханности до 65 %, так как здесь формируются ландшафты с поперечно-прямыми профилями склонов. То есть данная территория является пилотным объектом по отработке систем адаптивно-ландшафтного земледелия с применением нового сорта озимой пшеницы Капитан.

Поля располагаются поперек склона, по периметру защищены лесными полосами плотной конструкции, что препятствует потере снега в междурядном пространстве и способствует сохранению растений в осенне-зимний период и накоплению продуктивной влаги для хорошего роста растений в период активной вегетации [8].

Новый среднеранний сорт мягкой озимой пшеницы Капитан внесен в Госреестр в 2016 г. Он создан методом межсортной гибридизации, где исходными формами являлись сорта Ермак и Федоровка. Относится к среднеранним сортам. Высота растений до 100 см. Основными достоинствами являются: высокая устойчивость к полеганию, морозо- и засухоустойчивость, мало поражается грибными заболеваниями. Сорт Капитан рекомендуют выращивать в зонах с неустойчивым увлажнением и малоснежными зимами на высоком и среднем агрофоне в Нижневолжском регионе РФ. Перспективность его выращивания доказана в Республике Калмыкия, где в 2014 г. максимальная урожайность составила 7,16 т/га, а в Волгоградской области за последние 3 года испытания на Еланском ГСУ получена самая высокая урожайность в 2017 году – 63,0 ц/га.

В описании сорта указано, что норма высева семян составляет 4,5-5,0 млн всхожих зерен на 1 га [10]. Минимальные температуры для прорастания семян +1-2 °С, фотосинтез – +3 °С, ростовых процессов – +5 °С. Под слоем снега 12-15 см она выдерживает морозы до -30 °С. Оптимальная температура для осенней вегетации составляет +10-15 °С [4].

В результате анализа погодных условий установлено, что осадки в пределах изучаемого агроландшафта выпадали неравномерно (рисунок 1). В целом за период с сентября 2019 г. (начала подготовки почвы по системе черного пара) и до посева в сентябре 2020 г. отмечался дефицит влаги от 4 до 39 мм по сравнению с ежемесячной нормой. Превышение среднееголетних показателей отмечается в феврале на 50 и мае 38 мм. Июнь в 2020 г. был крайне засушливым, так как выпало 7 мм.

Рисунок 1 – Динамика температуры воздуха и осадков

Figure 1 – Dynamics of air temperature and precipitation

Перед посевом пшеницы осенний период характеризовался недостаточным увлажнением. В сентябре осадки отсутствовали, в октябре их выпало на 28 мм меньше нормы, в ноябре – на 12 мм. Температурный режим изучаемого периода по сравнению со среднемесячными нормами был теплее. Сумма температур воздуха осеннего периода составила 120 °С при норме 86 °С (превышение 34 °С), что увеличивало непродуктивные потери влаги из-за повышенного физического испарения. После посева гидротермический режим погодных условий сохранялся.

В 2020 г. осенняя вегетация озимой пшеницы закончилась в конце первой декады ноября. Снижение среднесуточной температуры ниже +5 °С зафиксировано 10 ноября. Возврата тепла не наблюдалось. С момента сева 2 сентября до окончания вегетации посеы набрали 884,0 °С активных температур, а с сева 21 сентября – 553,3 °С. При обоих сроках сева накопленной суммы активных температур достаточно для хорошего развития растений. Так как в сентябре осадков не было, то посеы обоих сроков до окончания осенней вегетации получили одинаковое количество атмосферной влаги – 26 мм.

При интенсивных агротехнологиях выращивания озимой пшеницы накопление достаточного количества влаги в период основной подготовки почвы в аридных зонах является важнейшим условием получения хорошего урожая [16]. По наблюдениям исследователей [7, 12], стартовые запасы продуктивной влаги в посевном слое по годам могут значительно различаться и быть в период сева в слое почвы 0,0-0,1 м ниже минимального запаса продуктивной влаги (6-7 мм). При этом посев проводят в сухую почву, а получение всходов и развитие растений в осенний период, в основном определяют осенние осадки. Нижним пределом влажности, при котором прекращается потребление растениями воды из почвы, является влажность завядания, составляющая 6-16 % воды от абсолютно сухой массы почвы [12]. В фазе прорастания зерна необходимо иметь в верхнем слое 0-10 см почвы не менее 10 мм продуктивной влаги, а для нормального осеннего кущения в слое 0-20 см – не менее 30 мм (Левкин В. Н., 2007).

На опытных посевах влажность почвы определялась в третьей декаде августа перед посевом и осенью перед уходом всходов в зиму. На летнее накопление влаги повлияли сложившиеся гидротермические условия. Неблагоприятный режим увлажнения и температуры (рисунок 2) привел к пересушиванию пахотного слоя почвы, местами до влажности завядания.

Рисунок 2 – Профиль и динамика влажности почвы в агролесоландшафте, %

Figure 2 – Soil moisture profile and dynamics in agroforestry landscapes, %

Мезоландшафтный анализ распределения влажности почвы показал, что в системе агролесоландшафтов отмечается её накопление по всему профилю. Наиболее существенное аккумуляирование влаги выявлено с глубины 10 см и в межполосном пространстве, за пределами распространения корней деревьев. Под лесонасаждениями происходит снижение продуктивной влаги, так как она используется древесными растениями для жизнедеятельности.

В целом в конце лета влажность почвы перед посевом в слое 0-10 см на поле I на межполосном пространстве составляла 10,8 % (или 11,2 мм продуктивной влаги), на II поле – 9,6 % (9,6 мм), III поле – 8,8 % (5,6 мм), IV поле – 9,7 % (9,7 мм). По данным многочисленных исследований [7, 12], прорастание зерна озимой пшеницы может начинаться при содержании в пахотном слое почвы не менее 5 мм продуктивной влаги. Глубина заделки семян при севе составляла 6-7 см, поэтому имеющейся влаги было достаточно для прорастания семян пшеницы.

Наблюдения за влажностью почвы в агролесоландшафте в конце осени перед началом зимовки зерновых культур проведены 26-27 ноября. Установлено, что выпавшие осадки за период от посева до осеннего контроля всхожести составили 26 мм. Они способствовали увлажнению верхнего 0-30 см слоя почвы.

При определении доступной влаги для озимой пшеницы в конце ноября установлено, что её прибавка в основном отмечается в слое 0-30 см. На полях I и III количество влаги в зоне 0,5Н изменяются от 24,7 мм до 33,3 мм, а в центре поля – от 19,7 до 20,7 мм. На II поле отмечается снижение прибавки продуктивной влаги в зоне 0,5Н у одной из лесополос до 18,7 мм. На IV поле прибавка всего 10,7 мм, что объясняется более высокой изначальной влажностью почвы перед посевом на этом участке.

От особенностей сорта и условий выращивания зависит устойчивость озимой пшеницы (зимостойкость) к неблагоприятным зимним условиям: сильным морозам, частым оттепелям, появлению ледяной корки и т.д. Многими исследователями установлено, что хорошей морозоустойчивостью обладают те растения, которые успели хорошо раскуститься и образовать 2-4 побега. На кустистость растений отрицательно влияет недостаток воды в почве в период кущения [4].

На основе оптимальных биоэкологических параметров кущения озимой пшеницы проводился анализ состояния посевов и отдельных особей. На каждом опытном поле по приведенной выше методике были отобраны образцы растений для определения высоты и степени кущения всходов с целью определения подготовки культур к зимовке.

На полях I и II независимо от срока сева при норме высева 180 кг/га высота всходов озимой пшеницы при их группировании по степени кущения к концу осенней вегетации изменялась от 18 до 22 см и от 13 до 18 см, соответственно (рисунок 3). Увеличение нормы высева семян на 20 кг/га привело к уменьшению высоты растений по группам кущения. Это связано с увеличением конкурентности между отдельными растениями в ряду за продуктивную влагу. Однако при такой густоте сохраняется способность растений хорошо куститься и формировать жизнеспособные особи, обладающие всеми признаками зимостойкости.

Следует отметить, что биоэкологической особенностью озимой пшеницы является формирование осенью побегов кущения, когда закладывается габитус будущего продуктивного растения. Ранее отмечалось, что для формирования морозостойких посевов озимой пшеницы требуется 400-600 °С суммы активных температур за период осенней вегетации, чтобы сформировалась особь с 2-4 побегами кустистости [11], а состояние посевов будет считаться оптимальным. Снижение основных продукционных параметров растения в 2 раза приводит к неудовлетворительному состоянию посевов. При коэффициенте общего кущения озимой пшеницы 3,3 побега на растение на светло-каштановых почвах Волгоградской области рекомендуется применение биопрепаратов, повышающих зимостойкость посевов [1, 15].

Параметры посевов озимой пшеницы сорта Капитан и их качественное состояние оценивалось по степени кущения растений (рисунок 4). Выращивание озимой пшеницы в системе агролесоландшафтов происходит в более комфортных гидротермических условиях, так как под влиянием лесных полос происходит улучшение микроклимата межполосного пространства, и использование стимуляторов для активизации кущения не требуется.

Рисунок 3 – Особенности формирования посевов озимой пшеницы сорта Капитан в агролесоландшафтах:

посев 02.09.2020 г.: I поле – норма высева 4,0 млн всхожих семян, III поле – 4,5 млн; посев 21.09.2020 г.: II поле – норма высева 4,0 млн всхожих семян; IV поле – 4,5 млн
1 – средняя высота растений, 2 – среднее количество листьев на одном растении.

Figure 3 – Peculiarities of sowing of winter wheat variety Captain in agroforestry landscapes: sowing on 09.02.2020: Field I - seeding rate of 4.0 million germinating seeds, Field III - 4.5 million; sowing on 09.21.2020: Field II - seeding rate of 4.0 million germinating seeds; Field IV - 4.5 million
1 - average plant height, 2 - average number of leaves per plant.

Рисунок 4 – Биэкологическая оценка степени кущения озимой пшеницы сорта Капитан перед зимним покоем:

посев 02.09.2020 г.: I поле – норма высева 4,0 млн всхожих семян, III поле – 4,5 млн; посев 21.09.2020 г.: II поле – норма высева 4,0 млн всхожих семян; IV поле – 4,5 млн

Figure 4 – Biocological assessment of tillering of winter wheat of the Captain variety before winter dormancy: sowing on 09.02.2020: Field I - seeding rate of 4.0 million germinating seeds, Field III - 4.5 million; sowing on 09.21.2020: Field II - seeding rate of 4.0 million germinating seeds; Field IV - 4.5 million

Анализируя количество побегов кущения, от которых зависит не только будущая продуктивность, но и зимостойкость растений, выявили, что при норме высева 180 кг/га кущение может достигать 14 шт. надземных побегов, а при 200 кг/га – до 6-8 шт. на растении. То есть, увеличивая норму высева до 4,5 млн всхожих семян, мы добиваемся в структуре посевов доли морозостойких растений до 47,4-63,7 %. При норме высева 4,0 млн всхожих семян количество растений с оптимальным количеством побегов кущения уменьшается и составляет 28,4-34,2 % (рисунок 4). В целом установлено, что при увеличении нормы высева семян морозостойкость посевов будет увеличиваться при условии благоприятных погодных условий зимнего периода.

Сохранность всходов на посевах раннего срока сева (2 сентября) к концу осени составляла 70-75 %, на поздних (21 сентября) – 75-80 %.

При изучении состояния корневой системы озимой пшеницы установлено, что к концу осенней вегетации основная масса корней располагалась в слое 0-10 см и не зависела от сроков высева семян.

Рисунок 5 – Влияние степени кущения озимой пшеницы сорта Капитан на формирование высоты побегов:

посев 02.09.2020 г.: I поле – норма высева 4,0 млн всхожих семян, III поле – 4,5 млн;
посев 21.09.2020 г.: II поле – норма высева 4,0 млн всхожих семян; IV поле – 4,5 млн

Figure 5 – The influence of the degree of tillering of winter wheat of the Capitan variety on the formation of the height of shoots:

sowing on 09.02.2020: Field I - seeding rate of 4.0 million germinating seeds,
Field III - 4.5 million; sowing on 09.21.2020: Field II - seeding rate of 4.0 million germinating seeds; Field IV - 4.5 million

Проведен анализ суммарной высоты побегов на одном растении в зависимости от степени кущения (рисунок 5). При этом отмечаются устойчивые линейные связи с коэффициентами корреляции 0,98-0,99, то есть чем выше степень кущения, тем больше листьев и биопроductивность растений. Вероятно, суммарную высоту побегов кущения на растении можно рассматривать в качестве интегрированного показателя успешности развития растения и его потенциальной морозостойкости и сохранности. При проведении дальнейших исследований планируется проанализировать связь между формированием высоты побега и биологической продуктивностью растений.

Выводы. Полезащитные лесные полосы являются основой адаптивно-ландшафтного земледелия на склоновых землях. Анализ накопления продуктивной влаги в агролесоландшафтах показал перспективность выращивания новых сортов озимой пшеницы, так как влажность почвы в корнеобитаемом слое активно накапливается, а в слое 0-30 см возрастает на 10,7-33,3 мм. Посев озимой пшеницы сорта Капитан в

системе агролесоландшафтов может проводиться по рекомендованным срокам и интенсивным технологиям с нормой высева 4,0-4,5 млн всхожих семян, что обеспечивает хорошую выравненность растений по высоте, оптимальное кущение – 3-7 шт./растение и обеспечивает их морозостойкость до 60-77 %.

Библиографический список

1. Агафонов А. К. Совершенствование приемов возделывания озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья: автореф. дис. кандидата с.-х. наук: 06.01.09. Саратов, 2015. 22 с.
2. Балашов В. В., Левкин В. Н., Левкина К. В. Предельно допустимые сроки посева озимой мягкой и твердой пшеницы на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 95-98.
3. Беляков А. М. Методы исследования и оценка состояния агроландшафтов сухостепной зоны Волгоградской области // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2018. Т. 4 (70). № 3. С. 100-106.
4. Биологические особенности выращивания пшеницы озимой // <https://news.myseldon.com/ru/news/index/231498266>.
5. Боме Н. А. Современные технологии изучения и сохранения генетических ресурсов. Биологические свойства семян и устойчивость растений к стресс-факторам. Тюмень: изд-во ТГУ, 2017. Ч. I. 48 с.
6. Изучение сортов озимой мягкой пшеницы по морозостойкости, продуктивности и качеству зерна / М. М. Иванисов [и др.] // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 4(16). С. 32-41.
7. Ионова Е. В., Газе В. Л., Лиховидова В. А. Фотосинтетическая деятельность и динамика накопления сухой массы растений озимой мягкой пшеницы в зависимости от условий выращивания // Зерновое хозяйство России. 2020. № 1 (67). С. 23-27.
8. Кулик А. В., Воронина В. П., Узолин А. И. Опыт формирования агролесомелиоративной системы на правом берегу Среднего Дона с целью повышения продуктивности агроэкосистем // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3. С. 142-152.
9. Набойченко К. В., Молчанов В. Н., Малахова А. А. Сорта озимой пшеницы волгоградской селекции в засушливых условиях Нижнего Поволжья // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 3 (31). С. 39-45.
10. Озимая мягкая пшеница Капитан. <http://vniizk.ru/index.php>.
11. Оценка состояния посевов озимой пшеницы по фазам вегетации в условиях Центрального района Нечерноземной зоны (методика) / П. В. Дацюк [и др.]. Рязань, 2007. 38 с. https://www.ryazagro.ru/upload/medialibrary/d42/oc_sos_posev.pdf.
12. Сапунков В. Л. Состояние посевов на момент окончания вегетации // Фермер. 2017. № 2. С. 34-42.
13. Солонкин А. В., Сапунков В. Л., Гузенко А. В. Результаты испытания сортов озимой пшеницы на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2020. № 4 (111). С. 64-70.
14. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области // Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство <https://volgastat.gks.ru/agriculture?print=1>.
15. Тихонов Н. И. Экологические испытания сортов озимой мягкой пшеницы в условиях степной зоны черноземных почв Волгоградской области // Фермер. 2015. № 5. С. 28-32.
16. Тихонов Н. И., Махамаев И. С. Технология возделывания озимой пшеницы в полупустынной зоне светло-каштановых почв Волгоградской области. Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2014. 188 с.
17. Филин В., Рузанов А. Продуктивность сортов озимой пшеницы при разных сроках посева в степной зоне черноземных почв Волгоградской области // Международный сельскохозяйственный журнал. 2010. № 1. С. 54-55.

18. Шаббаев А. И., Жолинский Н. М., Цветков М. С. Конструирование агроландшафтов и агроэкологический регламент адаптивных систем земледелия в Поволжье // Земледелие. 2014. № 2. С. 7-10.

19. Effects of different sowing time to phenology and yield of winter wheat / M. Klepeckas [et al.] // Agricultural and Food Science. 2020. V. 29 (4).

20. Pap N., Pap J., Schmidt R. Stand evaluation, crop estimation and yield analysis of winter wheat for the optimization of yields // Acta agraria debreceniensis. 2019. № 1. P. 103-109.

21. Winter wheat yield response to plant density as a function of yield environment and tillering potential: A review and field studies / L. M. Bastos [et al.] // Frontiers in plant science. 2020. Vol. 11.

22. Yield components and quality parameters of winter wheat depending on tillering coefficient / Z. Gaile [et al.] // Agronomy Research. 2017. V. 15 (1). P. 79-93.

Conclusion. Protective forest strips are the basis of adaptive landscape agriculture on sloping lands. The analysis of the productive moisture accumulation in agroforest landscapes showed the prospects of growing new varieties of winter wheat, since the soil moisture in the root layer is actively accumulated, and in the layer of 0-30 cm increases by 10.7-33.3 mm. Sowing of winter wheat of the Capitan variety in the agroforest landscapes system can be carried out according to the recommended terms and intensive technologies with a seeding rate of 4.0-4.5 million germinating seeds, which ensures good plant alignment in height, optimal tillering of 3-7 pieces/plant and frost resistance of plants-60-77 %.

References

1. Agafonov A. K. Sovershenstvovanie priemov vozdeleyvaniya ozimoy pshenicy na svetlo-kashtanovykh pochvah Nizhnego Povolzh'ya: avtoref. dis. kandidata s.-h. nauk: 06.01.09. Saratov, 2015. 22 p.

2. Balashov V. V., Levkin V. N., Levkina K. V. Predel'no dopustimye sroki poseva ozimoy myagkoj i tverdoj pshenicy na svetlo-kashtanovykh pochvah Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2016. № 4 (44). P. 95-98.

3. Belyakov A. M. Metody issledovaniya i ocenka sostoyaniya agrolandshaftov suhostepnoj zony Volgogradskoj oblasti // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2018. T. 4 (70). № 3. P. 100-106.

4. Biologicheskie osobennosti vyrashchivaniya pshenicy ozimoy // <https://news.myseldon.com/ru/news/index/231498266>.

5. Bome N. A. Sovremennye tehnologii izucheniya i sohraneniya geneticheskikh re-surov. Biologicheskie svoystva semyan i ustojchivost' rastenij k stress-faktoram. Tyumen': izd-vo TGU, 2017. Ch. I. 48 p.

6. Izuchenie sortov ozimoy myagkoj pshenicy po morozostojkosti, produktivnosti i kachestvu zerna / M. M. Ivanisov [i dr.] // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2018. № 4(16). P. 32-41.

7. Ionova E. V., Gaze V. L., Lihovidova V. A. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' i dinamika nakopleniya suhoj massy rastenij ozimoy myagkoj pshenicy v zavisimosti ot uslovij vyrashchivaniya // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2020. № 1 (67). P. 23-27.

8. Kulik A. V., Voronina V. P., Uzolin A. I. Opyt formirovaniya agrolessomeliorativnoj sistemy na pravom beregu Srednego Dona s cel'yu povysheniya produktivnosti agro]kosistem // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 3. P. 142-152.

9. Nabojchenko K. V., Molchanov V. N., Malahova A. A. Sorta ozimoy pshenicy volgogradskoj selekcii v zasushlivykh usloviyakh Nizhnego Povolzh'ya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2013. № 3 (31). P. 39-45.

10. Ozimaya myagkaya pshenica Kapitan. <http://vniizk.ru/index.php>.

11. Ocenka sostoyaniya posevov ozimoy pshenicy po fazam vegetacii v usloviyakh Central'nogo rajona Nechernozemnoj zony (metodika) / P. V. Dacyuk [i dr.]. Ryazan', 2007. 38 p. https://www.ryazagro.ru/upload/medialibrary/d42/oc_sos_posev.pdf.

12. Sapunkov V. L. Sostoyanie posevov na moment okonchaniya vegetatsii // *Fermer*. 2017. № 2. P. 34-42.
13. Solonkin A. V., Sapunkov V. L., Guzenko A. V. Rezul'taty ispytaniya sortov ozimoy pshenicyna svetlo-kashtanovykh pochvakh Volgogradskoy oblasti // *Nauchno-agronomicheskij zhurnal*. 2020. № 4 (111). P. 64-70.
14. Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Volgogradskoj oblasti // *Sel'skoe hozyajstvo, ohta i lesnoe hozyajstvo* <https://volgastat.gks.ru/agriculture?print=1>.
15. Tihonov N. I. Jekologicheskie ispytaniya sortov ozimoy myagkoj pshenicy v usloviyah stepnoj zony chernozemnykh pochv Volgogradskoy oblasti // *Fermer*. 2015. № 5. P. 28-32.
16. Tihonov N. I., Mahamaev I. S. Tehnologiya vzdelyvaniya ozimoy pshenicy v polupustynnoj zone svetlo-kashtanovykh pochv Volgogradskoy oblasti. Volgograd: FGBOU VPO Volgogradskij GAU, 2014. 188 p.
17. Filin V., Ruzanov A. Produktivnost' sortov ozimoy pshenicy pri raznyh srokah poseva v stepnoj zone chernozemnykh pochv Volgogradskoy oblasti // *Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal*. 2010. № 1. P. 54-55.
18. Shabaev A. I., Zholinskij N. M., Cvetkov M. S. Konstruirovaniye agroland-shaftov i agrojekologicheskij reglament adaptivnykh sistem zemledeliya v Povolzh'e // *Zemledelie*. 2014. № 2. P. 7-10.
19. Effects of different sowing time to phenology and yield of winter wheat / M. Klepeckas [et al.] // *Agricultural and Food Science*. 2020. V. 29 (4).
20. Pap N., Pap J., Schmidt R. Stand evaluation, crop estimation and yield analysis of winter wheat for the optimization of yields // *Acta agraria debreceniensis*. 2019. № 1. P. 103-109.
21. Winter wheat yield response to plant density as a function of yield environment and tillering potential: A review and field studies / L. M. Bastos [et al.] // *Frontiers in plant science*. 2020. Vol. 11.
22. Yield components and quality parameters of winter wheat depending on tillering coefficient / Z. Gaile [et al.] // *Agronomy Research*. 2017. V. 15 (1). P. 79-93.

Authors Information

Uzolin Aleksey Ivanovich, leading researcher of the laboratory for soil protection from erosion Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences (Russia, 403560 Volgograd region, Kletskaya vil., Dymchenko st., 15), candidate of agricultural sciences

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5375-6894>. **E-mail:** s.erozii@yandex.ru.

Voronina Valentina Pavlovna, professor of the Department of «Agroecology and forest reclamation of landscapes» of the Volgograd state agrarian University (Russia, 400002, Volgograd, Universitetskij Ave., 26), doctor of agricultural Sciences.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3441-5314>. **E-mail:** v.p.voronina@mail.ru.

Kulik Anastasia Vladimirovna, senior researcher of the laboratory for soil protection from erosion Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration, and Protective Afforestation, Russian Academy of Sciences (Russia, 400062, Volgograd, pr. Universitetskij, 97), candidate of agricultural sciences. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8736-5464>. **E-mail:** kulik-a@vfanc.ru.

Информация об авторах

Узолин Алексей Иванович, ведущий научный сотрудник лаборатории защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 403560 Волгоградская обл., ст. Клетская, ул. Дымченко, д. 15), кандидат сельскохозяйственных наук.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5375-6894>. **E-mail:** s.erozii@yandex.ru.

Воронина Валентина Павловна, профессор кафедры «Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3441-5314>. **E-mail:** v.p.voronina@mail.ru.

Кулик Анастасия Владимировна, старший научный сотрудник лаборатории защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук.

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8736-5464>. **E-mail:** kulik-a@vfanc.ru.