

ФОРМИРОВАНИЕ АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА РАСТЕНИЙ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ СЕВА В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВИТЕБСКОЙ ОБЛАСТИ

И. П. КОЗЛОВСКАЯ

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: k_irina@tut.by

И. А. ЧЕКАЛОВ

РУП Витебский зональный институт сельского хозяйства НАН Беларуси,
г. Витебск, Республика Беларусь, e-mail: ivanchekalov@hotmail.com

(Поступила в редакцию 06.12.2023)

Для оценки влияния сроков сева на рост и развитие растений озимого ячменя (сорт Буслик) определяли площадь ассимиляционного аппарата в начале возобновления вегетации растений после зимовки. Измерения проводились в программе ImageJ leaf size.

Зависимость средней площади ассимиляционного аппарата растений озимого ячменя от сроков сева достаточно точно аппроксимируется полиномиальной функцией второй степени ($R^2=0,96$), на которой видно, что наибольшую площадь ассимиляции растения озимого ячменя формируют при посеве в начале второй декады сентября. Сохранность растений озимого ячменя к началу весенней вегетации находится в линейной зависимости от сроков сева, и наибольшая отмечается при сроках сева в первой декаде сентября. Однако при посеве ячменя в первую декаду сентября, несмотря на хорошую сохранность растений, размеры ассимиляционного аппарата растений в ценозе составили $8362,9 \text{ см}^2$ на м^2 , что меньше, чем при посеве в начале второй декады, на $4197,17 \text{ см}^2$.

Более поздние сроки сева (15.09), наряду с уменьшением сохранности растений, обусловили снижение площади ассимиляционного аппарата до $7304,32 \text{ см}^2$ на м^2 . А при посеве в третьей декаде сентября за счет критически малой средней площади ассимиляционного аппарата растений озимого ячменя и низкой их сохранности в начале весенней вегетации площадь ассимиляционного аппарата оказалась всего $1172,8 \text{ см}^2$. При таких размерах ассимиляционного аппарата, даже при высокой скорости его формирования в случае активного весеннего роста, сохранившиеся растения не смогут конкурировать с сорняками.

Сроки сева озимого ячменя в природно-климатических условиях Витебской области оказывают существенное влияние на формирование ассимиляционного аппарата растений и их сохранность в период зимовки. Наибольшая площадь ассимиляции ($12560,07 \text{ см}^2$ на м^2) и сохранность растений озимого ячменя в зимний период достигается при посеве в начале второй декады сентября.

Ключевые слова: озимый ячмень, сроки сева, ассимиляционный аппарат, сохранность растений, возобновление вегетации.

To estimate the effect of sowing time on growth and development of winter barley plant (variety "Buslik") the area of assimilation apparatus is estimated at the beginning of vegetation resumption after winter. The measurements were performed using the ImageJ Leaf Size application.

The dependency between average winter barley plant assimilation apparatus area and sowing time is quite accurately approximated with a second-order polynomial function ($R^2=0.96$), which shows that the largest winter barley plant assimilation area is formed when sowed at the beginning of the second 10-day period of September. The preservation of winter barley plants by the beginning of spring vegetation is in linear dependency with sowing time, and the largest one is determined when sowed at the first 10-day period of September. However, sowing barley in the first 10-day period of September, despite the good preservation of the plants, provides the plant assimilation apparatus size in cenosis of 8362.9 cm^2 on m^2 of soil, which is lower compared to sowing at the beginning of the second 10-day period by 4197.17 cm^2 .

Later sowing times (Sep 15), along with lowering the preservation of the plants, stipulated lowering of the assimilation apparatus area to 7304.32 cm^2 on m^2 of soil. When sown in the third 10-day period of September, because of the critically low average area of winter barley plants assimilation apparatus and their low preservation at the beginning of spring vegetation, the area of assimilation apparatus turned out to be just 1172.8 cm^2 . These assimilation apparatus sizes, even with very high speed of plant development in case of active spring growth, mean that preserved plants would not be able to compete with weed plants.

The sowing times of winter barley in natural and climatic conditions of the Vitebsk oblast significantly affect the formation of plants assimilation apparatus and their preservation over winter. The largest assimilation area (12560.07 cm^2 on m^2 of soil) and the preservation of winter barley plants over winter is demonstrated when sown in the beginning of the second 10-day period of September.

Key words: winter barley, sowing times, assimilation apparatus, plant preservation, vegetation resumption.

Введение

Одним из важнейших показателей, характеризующих продовольственную безопасность страны, является уровень самообеспечения основной сельскохозяйственной продукцией. Республика Беларусь более чем на 100 % покрывает собственные потребности в молоке, мясе, яйцах, картофеле и овощах. экспорт продукции сельского хозяйства (включая переработанную) превышает импорт [1].

В формировании продовольственных ресурсов страны особое значение имеет производство зерна, которое является незаменимым сырьём для производства продовольствия: хлеба, хлебобулочных и макаронных изделий, круп.

Зерно широко используется в качестве фуража, на его основе производятся концентрированные, в том числе комбинированные, корма. Так как Беларусь имеет преимущественно животноводческую специализацию, формирование кормовой базы путем развития зернового хозяйства определяет интенсивность развития и эффективность всех отраслей животноводства [2].

Характеристика географических и климатических условий свидетельствует, что территория Беларуси пригодна для ведения сельскохозяйственного производства в разной степени. Наиболее благоприятны центральные, западные, восточные и юго-западные регионы. В северном почвенно-экологическом регионе (Витебская область) существуют природные ограничения для развития сельского хозяйства. Область находится в зоне рискованного земледелия. Из 21 района Витебской области 18 относятся к неблагоприятным для производства сельскохозяйственной продукции [3].

Однако анализ современных характеристик основных агроклиматических показателей на территории Витебской области [4, 5] показал, что при традиционной специализации на выращивании кормовых и зерновых культур возможно расширение ассортимента зерновых за счет озимого ячменя. Эта культура созревает раньше ярового ячменя на 8–12 дней и обеспечивает животноводство концентрированным кормом именно в тот период, когда в нем ощущается дефицит. Посевные площади озимого ячменя в Витебской области уже сейчас около 60 тыс. га [6]. Поэтому совершенствование технологических приемов его возделывания в природно-климатических условиях Витебской области является актуальной научной задачей, и при успешном ее решении практическая реализация позволит увеличить производство зерна ячменя.

Основная часть

Озимый ячмень (*Hordeum vulgare* L. sensu lat) в условиях Беларуси может возделываться как продовольственная, зернофуражная и техническая культура, так как характеризуется высоким урожайным потенциалом и устойчивостью к весенней засухе. Однако от других озимых зерновых он отличается низкой зимостойкостью.

Для формирования устойчивости к неблагоприятным условиям зимне-весеннего периода растения озимого ячменя должны пройти все этапы закалывания в осенний период, что позволит им постепенно перейти от активной вегетации в состояние замедления всех физиологических процессов.

Осенний период роста и развития озимого ячменя особенно важен, от того, как он протекает, во многом зависят дальнейший рост растения, количество и качество урожая.

В осенний период солнечная погода способствует накоплению углеводов в узле кушения растений озимого ячменя. Именно этот запас формирует устойчивость к неблагоприятным погодным условиям, в том числе и к отрицательным температурам. Углеводы, проникая в клетки растений, повышают в них осмотическое давление и обеспечивают способность растений выдерживать отрицательные температуры до $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Озимый ячмень в сравнении с другими озимыми зерновыми культурами имеет самый короткий вегетационный период, поэтому для полноценного развития растений и формирования зерна высокого качества необходимо эффективное использование комплекса всех факторов, определяющих формирование урожая и его качество.

Важным фактором в технологии возделывания озимых зерновых культур является срок сева. Посев в слишком ранние сроки ведет к перерастанию растений и снижению иммунитета в отношении болезней и устойчивости к поражению вредителями. Вследствие интенсивного роста растений и конуса нарастания, задерживается прохождение первой фазы закалки, в результате они снижают зимостойкость на 20–50 % [7]. При этом урожайность озимых снижается 1–1,2 % за одни сутки при отклонении от оптимальных сроков сева [8].

Поздний сев, особенно в сочетании с дефицитом влаги в осенний период, приводит к отставанию растений в развитии, недостаточной их закалке и изреживанию посевов во время перезимовки, снижению зимо- и морозостойкости. Посев озимых после оптимальных сроков снижает урожайность в пределах 0,9–1,0 % за сутки опоздания [7].

Ни у одной другой зерновой культуры сроки посева не имеют такого важного значения, как у озимого ячменя. При посеве озимого ячменя на 2–3 недели позже оптимальных сроков снижение урожайности может достигать 20 %. При ранних сроках сева увеличиваются как общая продолжительность вегетации, так и периоды прохождения отдельных, определяющих урожайность, стадий развития [9].

В связи с изменениями на территории республики характеристик теплообеспеченности озимых зерновых культур в течение осенних месяцев вегетации определение оптимальных сроков сева озимого ячменя в почвенно-климатических условиях Витебской области имеет большое научное и практическое значение.

Рост и развитие растений, потенциальное повышение их продуктивности зависит от формирования ассимиляционного аппарата, на формирование которого у озимых зерновых, несомненно, влияют сроки сева.

Для оценки влияния сроков сева на рост и развитие растений озимого ячменя (сорт Буслик) определяли площадь ассимиляционного аппарата в начале возобновления вегетации растений после зимовки. Измерения проводились в программе ImageJ leaf size [10, 11]. Полученные снимки были предварительно обработаны в графическом редакторе, где были удалены тени, корни и посторонние объекты (рис. 1).

Сроки сева озимого ячменя оказали существенное влияние на рост, развитие и сохранность растений (табл.1). Средняя площадь ассимиляционного аппарата одного растения весной составила 45,95 см² при посеве ячменя в первой декаде сентября, а перезимовавших растений оказалось 182 шт/м². При более поздних сроках сева (вторая декада: 10 и 15 сентября) растения сформировали большую листовую поверхность, и площадь ассимиляционного аппарата составила 75,21 и 64,64 см² соответственно. Однако при посеве 10 сентября сохранность растений снизилась до 167 шт/м², а при еще более позднем сроке сева (15 сентября) – до 113 шт/м². Растения озимого ячменя, посеянные в последней декаде сентября (25.09), к началу возобновления вегетации выглядели ослабленными и имели среднюю площадь ассимиляционного аппарата всего 14,66 см², при этом на 1м² сохранилось только 80 шт.

Зависимость средней площади ассимиляционного аппарата растений озимого ячменя от сроков сева достаточно точно аппроксимируется полиномиальной функцией второй степени ($R^2=0,96$), на которой видно, что наибольшую площадь ассимиляции растения озимого ячменя формируют при посеве в начале второй декады сентября (рис. 2).

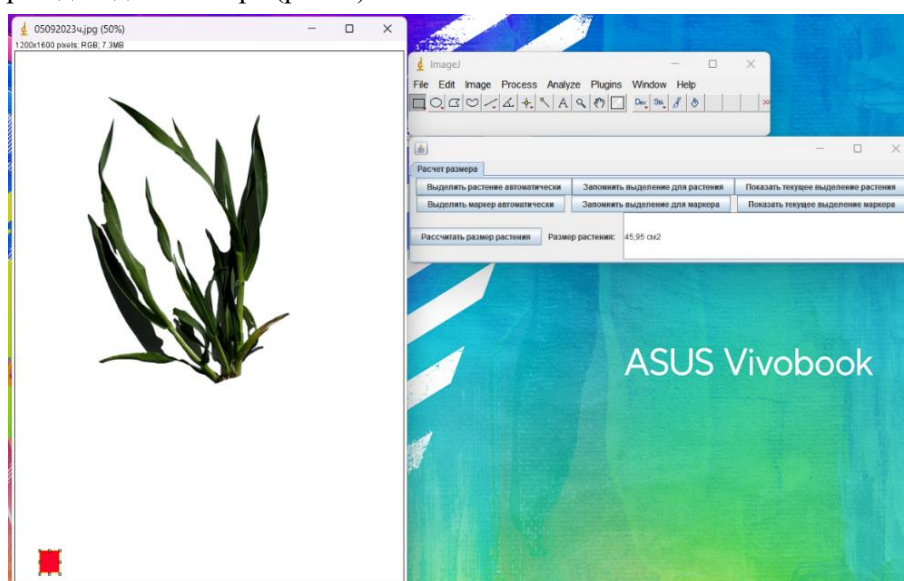


Рис. 1. Пример определения площади ассимиляционного аппарата озимого ячменя с помощью программы ImageJ leaf size

Таблица 1. Влияние сроков сева озимого ячменя на формирование ассимиляционного аппарата растений и их сохранность к возобновлению вегетации весной

Срок сева	Средняя площадь ассимиляционного аппарата одного растения, см ²	Количество растений на м ²
5 сентября	45,95	182
10 сентября	75,21	167
15 сентября	64,64	113
25 сентября	14,66	80

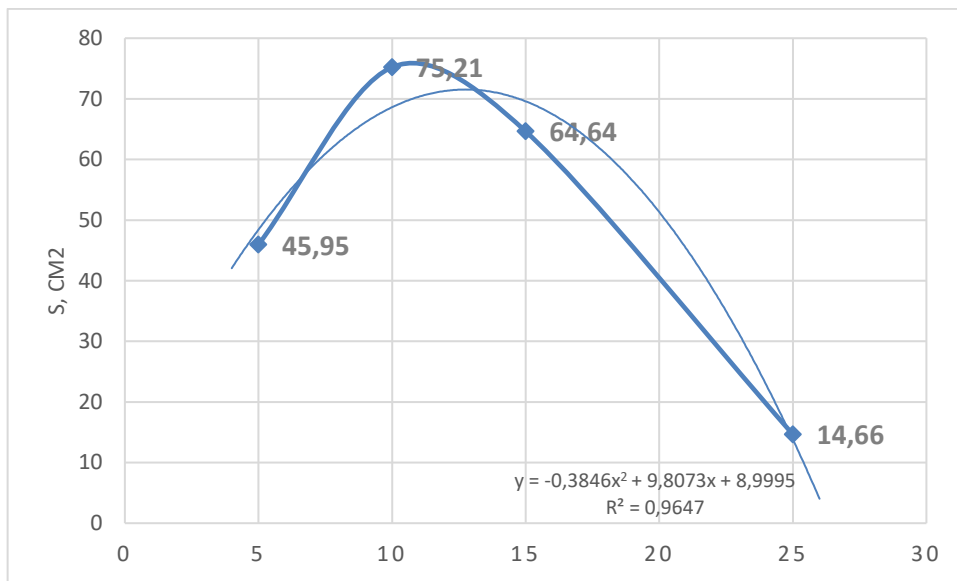


Рис. 2. Взаимосвязь средней площади ассимиляционного аппарата (S) и сроков сева озимого ячменя

Сохранность растений озимого ячменя к началу весенней вегетации находится в линейной зависимости от сроков сева (рис. 3).

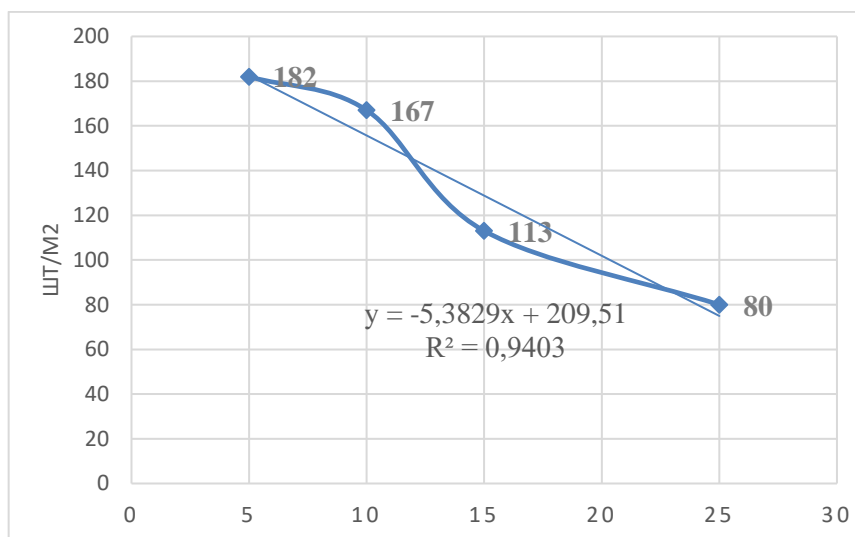


Рис. 3. Взаимосвязь сохранности растений к началу весенней вегетации и сроков сева озимого ячменя

Основными показателями, характеризующими фотосинтез растений в посевах, считаются размеры ассимиляционного аппарата и время его активного функционирования, а величина биологического урожая сельскохозяйственных культур определяется скоростью формирования и конечными размерами фотосинтетической поверхности листьев. Несмотря на различия в площади листьев у отдельных растений, суммарная поверхность листьев на гектаре посева может частично нивелироваться за счет увеличения числа растений [12].

Общие закономерности, определяющие фотосинтетическую продуктивность при формировании урожая в посевах, установленные для различных растений, необходимо выявить и для озимого ячменя.

Для оценки формирования ценоза после перезимовки озимого ячменя, посеянного в различные сроки, нами рассчитана площадь ассимиляционного аппарата на 1 м² поля (рис. 4).

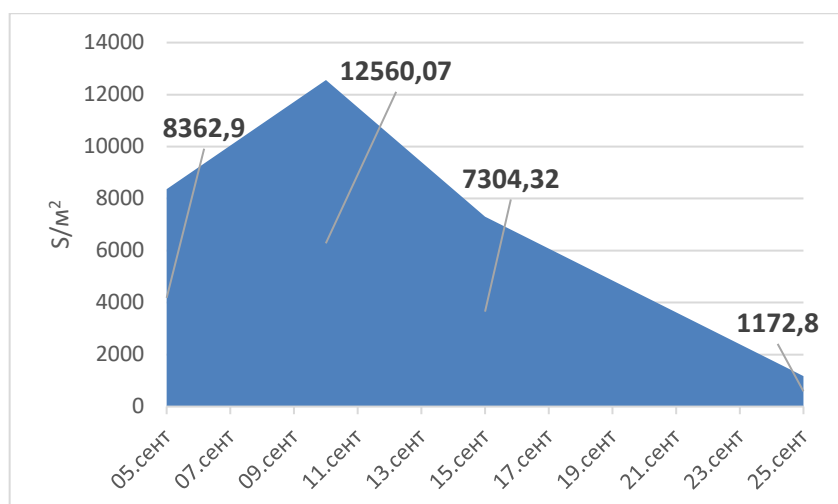


Рис. 4. Площадь ассимиляционного аппарата (см² на м² поля) озимого ячменя при различных сроках сева перед возобновлением вегетации весной

При посеве ячменя в первую декаду сентября, несмотря на хорошую сохранность растений, размеры ассимиляционного аппарата растений в ценозе составили 8362,9 см² на м² почвы, что меньше, чем при посеве в начале второй декады на 4 197,17 см².

Более поздние сроки сева (15.09) наряду с уменьшением сохранности растений обусловили снижение площади ассимиляционного аппарата до 7304,32 см² на м² почвы. А при посеве в третьей декаде сентября за счет критически малой средней площади ассимиляционного аппарата растений озимого ячменя и низкой их сохранности к началу весенней вегетации площадь ассимиляционного аппарата оказалась всего 1172,8 см² на м². При таких размерах ассимиляционного аппарата, даже при высокой скорости его формирования в случае активного весеннего роста, сохранившиеся растения не смогут конкурировать с сорняками.

Заключение

Сроки сева озимого ячменя в природно-климатических условиях Витебской области оказывают существенное влияние на формирование ассимиляционного аппарата растений и их сохранность в период зимовки. Наибольшая площадь ассимиляции (12560,07 см² на м² почвы) и сохранность растений озимого ячменя в зимний достигается при посеве в начале второй декады сентября.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доктрина национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15 декабря 2017 г. № 962.
2. Продовольственная безопасность Республики Беларусь: достижения и перспективы / А. В. Пилипук, Г. В. Гусаков, Н. В. Карпович, Л. Т. Ёнчик, Л. А. Лобанова, О. В. Свистун // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2020. – Т. 58. – № 1. – С. 24–41.
3. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minpriroda.gov.by>. – Дата доступа: 09.12.23.
4. Мельник, В. И. Влияние изменения климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность основных сельскохозяйственных культур Беларуси: автореф. дис. д-ра геогр. наук / В. И. Мельник. – Минск, 2004.
5. Мишин, А. Специфика и перспективы развития растениеводства Витебской области / А. Мишин // [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://socio.bisr.by/posevnaja-i-perspektivy-razvitiya-sela>. – Дата доступа: 08.12.2023.
6. Возделывание озимого ячменя в Витебской области // [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://vogiskzr.by/novosti/item/617-vozdelyvanie-ozimogo-yachmenya-v-vitebskoj-oblasti.html>. – Дата доступа: 24.08. 2023.
7. Урбан, Э. П. Оценка состояния растений озимых зерновых после перезимовки и рекомендации по уходу в весенне-летний период 2022 г. / Э. П. Урбан, В. Н. Буштевич, С. И. Гордей, А. А. Зубкович // Земледелие и растениеводство. – № 1 (140). – 2022. – С. 6–9.
8. Привалов, Ф. И., Шашко К. Г., Холодинский В. В. Технология выращивания озимых культур в осенний период // [Электронный ресурс] / Код доступа: <https://www.msnp.gov.by/special/ru/agriculture-ru/view/technologija-vyraschivaniya-ozimyx-kultur-v-osennij-period> Дата доступа: 09.12.2023.
9. Ячмень – Агроритм // [Электронный ресурс] / Код доступа: <http://agroritm.by/agronomiya/yachmen/> Дата доступа: 07.12.2023.
10. Современные проблемы фотосинтеза (том 1) / Под ред. С. И. Аллахвердиева, А. Б. Рубина, В. А. Шувалова. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2014. – 568 с.
11. Козловская, И. П. Компьютерное определение площади ассимиляционного аппарата зерновых / И. П. Козловская, Е. А. Головатая, Т. А. Юхо / Государственный регистр информационных ресурсов: рег. номер N 1142229145 от 17.07.2022 г.
12. Козловская, И. П. Метод определения площади ассимиляционного аппарата для оценки динамики ростовых процессов зерновых культур / И. П. Козловская, Е. А. Головатая // Вестник БГСХА. – 2022. – № 4. – С. 86–92.