

УДК 633.111.1: 633.162

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-336-3-63-66>Тип статьи: оригинальное исследование
Type of article: original research**Семинченко Е.В.***Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН)**Университетский проспект, 97, 400062, Волгоград, Россия**E-mail: eseminchenko@mail.ru***Ключевые слова:** лесные полосы, яровой ячмень, фотосинтетический потенциал, структура урожая, урожайность.**Для цитирования:** Семинченко Е.В. Фотосинтетический потенциал ярового ячменя в условиях Нижнего Поволжья. *Аграрная наука*. 2020; 336 (3): 63–66.
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-336-3-63-66>**Конфликт интересов отсутствует****Elena V. Seminchenko***Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center for Agroecology, Complex Reclamation and Protective Forestation of the Russian Academy of Sciences" (Federal Scientific Center for Agroecology RAS)**University Avenue 97, 400062, Volgograd, Russia**E-mail: eseminchenko@mail.ru***Key words:** forest strips, spring barley, photosynthetic potential, crop structure, productivity.**For citation:** Seminchenko E.V. Photosynthetic potential of spring barley in the conditions of the Lower Volga region. *Agrarian Science*. 2020; 336 (3): 63–66. (In Russ.)<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-336-3-63-66>**There is no conflict of interests**

Фотосинтетический потенциал ярового ячменя в условиях Нижнего Поволжья

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Увеличение производства зерна требует новых путей повышения урожайности зерновых культур. Изучение взаимодействия растений в зависимости от удаленности от лесной полосы имеет в настоящее время особую актуальность.**Методика.** В научной статье приведены результаты изучения ярового ячменя в зависимости от удаления от лесных полос. Цель исследований заключалась в проведении сравнительного анализа фотосинтетической деятельности посевов ярового ячменя. Объектом исследований является яровой ячмень Медикум 139. Исследования проводили на опытном поле НВНИИСК, расположенном в светло-каштановой подзоне сухостепной зоны каштановых почв Нижнего Поволжья. Для достижения поставленной цели необходимо было определить и рассчитать: площадь листовой поверхности; фотосинтетическую деятельность посевов; количество сухой фитомассы; чистую продуктивность фотосинтеза.**Результаты.** Исследования показали, что максимальный фотосинтетический потенциал (ФП) достигался в фазу «выход в трубку-колошение», когда он был в 1,5 раза больше, чем в фазу «кущение-выход в трубку» и «колошение-молочная спелость». Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) ярового ячменя была максимальной в фазу «выход в трубку-кущение», минимальная в фазу «колошение-молочная спелость». Накопление сухого вещества также отмечалась максимальное в фазу «выход в трубку-колошение», минимальное в фазу «колошение-молочная спелость». Площадь листьев влияла на формирование массы 1000 зерен и числа продуктивных стеблей в фазу колошения: $R = 0,5 \dots 0,7$; $R = 0,5 \dots 0,6$ соответственно в зависимости удаления от лесной полосы. В фазу молочной спелости установлена достоверная корреляционная связь площади листовой поверхности с массой зерен в главном колосе в 2017, 2018 и 2019 годы ($R = 0,7, 0,5, 0,6$ соответственно). Отмечено благоприятное воздействие защитных лесонасаждений на свойства почв, а также на рост, состояние и урожайность сельскохозяйственных культур. Результаты исследования свидетельствуют о важной роли лесных полос. Областью применения разработок является зона почв Нижнего Поволжья.

Photosynthetic potential of spring barley in the conditions of the Lower Volga region

ABSTRACT

Relevance. Increasing grain production requires new ways to increase the yield of grain crops. The study of the interaction of plants depending on the distance from the forest strip is currently of particular relevance.**Methods.** The scientific article presents the results of the study of spring barley depending on the distance from the forest strips. The purpose of the research was to conduct a comparative analysis of the photosynthetic activity of spring barley crops. The object of research is spring barley Medicum 139. The studies were carried out on the experimental field NVNIISK, located in the light chestnut subzone of the dry steppe zone of chestnut soils of the Lower Volga. To achieve this goal it was necessary to determine and calculate: the area of the sheet surface; photosynthetic activity of crops; amount of dry phytomass; the net productivity of photosynthesis.**Results.** Studies have shown that the maximum photosynthetic potential (AF) was reached the phase of "egress into the tube-eating", when it was 1.5 times higher than in the phase of "tillering-egress into the tube" and "earring-milk ripeness". The net productivity of photosynthesis (NPF) of spring barley was maximum in the phase of "exit to the tube-tillering", minimum in the phase of "earring — milk ripeness". The accumulation of dry matter was also observed maximum in the phase of "exit to the heading-eating tube", minimal in the phase of "heading-milk ripeness". The leaf area affected the formation of the mass of 1000 grains and the number of productive stems in the heading phase: $R = 0.5 \dots 0.7$; $R = 0.5 \dots 0.6$, respectively, depending on the distance from the forest strip. In the phase of milk ripeness a reliable correlation was established between the leaf surface area and the mass of grains in the main ear in 2017, 2018 and 2019 ($R = 0.7, 0.5, 0.6$, respectively). The beneficial effect of protective forest stands on soil properties, as well as on the growth, condition and productivity of crops, is noted. The results of the study indicate the important role of forest strips. The scope of development is the soil zone of the Lower Volga.Поступила: 11 марта
После доработки: 28 марта
Принята к публикации: 30 мартаReceived: 11 march
Revised: 28 march
Accepted: 30 march

Введение

В полеводстве выращиваемые растения находятся в многосторонней и тесной связи с окружающей средой. Получить максимальную продуктивность и качество урожая можно только при благоприятном сочетании всех факторов развития растений и технологической дисциплине. Однако недостаток одного из условий жизни растения угнетает его развитие, а отсутствие приводит к гибели [5, 8, 12]. В практике земледелия чаще приходится сталкиваться с недостатком питательных веществ и воды, а в последнее время и с экстремально высокими температурами. В ходе вегетации величины интенсивности фотосинтеза и продуктивности растений могут быть изменены с помощью различных агротехнических приемов, причем наиболее мощным фактором является водный режим. Вопрос о влиянии водообеспеченности на интенсивность фотосинтеза, фотосинтетическую деятельность и урожайность ячменя рассмотрен многими авторами [1, 3, 15].

Взаимосвязь растений в агроценозе носит непосредственный характер, зависящий от многих факторов. Этого можно добиться при создании благоприятных условий для роста и развития растений [2, 4, 7].

В процессе фотосинтеза растения усваивают из внешней среды весь углерод, за счет которого формируется 42–45% массы сухого органического вещества [6, 7, 9]. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах включает в себя ряд важнейших показателей: размеры фотосинтетического аппарата, быстроту его развития, продолжительность и интенсивность работы листьев, показатель чистой продуктивности фотосинтеза. Все процессы, происходящие при фотосинтезе, закономерно зависят от условий внешней среды [10, 11, 13]. Показатели площади листьев, продолжительность их работы и накопление сухой биомассы определяют продуктивность фотосинтетической деятельности посевов. Площадь листьев является одним из важных показателей, характеризующих фотосинтетическую деятельность растений, и урожай тесно связан именно с размерами площади листьев [14, 16, 17].

Цель исследований заключалась в проведении сравнительного анализа фотосинтетической деятельности посевов ярового ячменя в зависимости от удаления от ЛП. Для достижения поставленной цели необходимо было определить и рассчитать: площадь листовой поверхности; фотосинтетическую деятельность посевов; количество сухой фитомассы; чистую продуктивность фотосинтеза.

Объекты и методы исследований

Исследования проводили на опытном поле НВНИ-ИСХ, расположенном в светло-каштановой подзоне сухостепной зоны каштановых почв Нижнего Поволжья. Территория хозяйства — слабоволнистая равнина. Климат резко континентальный, ГТК = 0,5–0,6. Сумма среднесуточных положительных температур воздуха равна 3400–3500 °С. Среднегодовое количество осадков — 300–350 мм. Амплитуда минимальных и максимальных температур — 7,8 °С (от +43 °С до –35 °С). Почвы низкообеспечены азотом, средне — фосфором и повышено — калием. Содержание гумуса — 1,2–2,0%, pH = 7–8. Опыт закладывали согласно методикам сухостепной зоны Нижнего Поволжья. Основная обработка почвы — чизелевание на 0,3–0,32 м с оборотом поверхностного пласта на глубину 0,2–0,22 м орудием ОЧО-5–40 и многофункциональными рабочими органами модульного

типа «РАНЧО» (отвал и широкое долото). Высевали яровой ячмень Медикум 139, норма высева 3,8 млн шт/га. Высота лесной полосы 5 метров, 4-рядная, породный состав: клен, вяз, уплотнена смородиной золотистой. Сумма осадков за 2017–2019 сельскохозяйственные годы составила 393,0 мм против среднемноголетнего значения 339,2 мм. Ассимиляционную площадь листьев ярового ячменя определяли методом «высечек», а накопление сухого вещества — весовым методом с последующим высушиванием вегетативной массы растений до воздушно-сухого состояния.

Результаты исследования и их обсуждение

В течение вегетации ярового ячменя за ростом и развитием растений проводили фенологические наблюдения. Посев ячменя осуществляли по мере посева почвы. Благодаря достаточной влаге в почве и оптимальным климатическим условиям всходы появились на 10-й день (среднее за 2017–2019 годы), кущение наступило через 14 дней (среднее за 2017–2019 годы).

Оптимально ориентированная в пространстве фотосинтезирующая система сельскохозяйственных посевов, главным образом, листовая поверхность, позволяет наиболее полно использовать почвенно-климатические ресурсы региона и получить максимальный эффект от приемов агротехнического воздействия. Площадь и продолжительность работы ассимиляционной поверхности листьев сельскохозяйственных культур имеют определяющее значение в формировании их урожайности.

Максимальной величины площадь листовой поверхности одного растения достигала в фазу колошения — 36–39,5 см² в зависимости от удаления от лесной полосы. Начиная с фазы колошения, ассимилирующая поверхность сильно сокращалась за счет усыхания на растениях нижних листьев, а к фазе молочной спелости она составила 16,7–26,1 см².

Минимальная площадь листовой поверхности растений была в фазу всходы-кущение и достигала 12–22,8 см² в зависимости от удаления от ЛП.

Более комплексную характеристику деятельности ассимилирующей поверхности дает фотосинтетический потенциал посевов (ФП). Он позволяет судить о мощности рабочей поверхности листьев ярового ячменя в целом за весь период вегетации, а размеры его определяются погодными условиями, нормами высева и технологическими агроприемами.

Результаты исследований показали, что уже на ранних этапах онтогенеза у ячменя наблюдаются различия по размерам листового аппарата в зависимости от удаления от лесной полосы.

Фотосинтетический потенциал посевов ярового ячменя в среднем за три года исследований изменялся аналогично динамике формирования листовой поверхности. Максимальной величины ФП достигал в межфазный период «выход в трубку-колошение», когда он был в 1,5 раза выше, чем в фазу «кущение-выход в трубку» и в последующую фазу «колошение-молочная спелость» (табл. 1).

Определяющим фактором формирования урожая полевых культур является фотосинтетическая деятельность растений, которая прежде всего зависит от величины листовой поверхности и от ее работоспособности, т.е. продуктивности фотосинтеза. Сравнительное изучение продуктивности фотосинтеза ярового ячменя показало, что интенсивность накопления сухого вещества на единицу листовой поверхности в течение вегетации значительно изменяется.

Таблица 1. Фотосинтетический потенциал посевов ярового ячменя (тыс. м²/га сутки, среднее за 2017–2019 годы), источник: собственные вычисления (разработки) автора

Table 1. Photosynthetic potential of spring barley crops (thousand m²/ha day, average for 2017–2019), source: author's own calculations (developments)

Расстояние от ЛП, Н	Межфазный период			
	кущение-выход в трубку	выход в трубку-колошение	колошение-молочная спелость	кущение-молочная спелость
5Н	408,8	666,4	652	1727,2
10Н	520,8	761,6	729,6	2012
15Н	649,6	761,6	656	2067,2
20Н	548,8	756	648	1952,8
25Н	537,6	666,4	650	1854
30Н	498,4	697,2	662	1857,6

Таблица 2. Чистая продуктивность фотосинтеза ярового ячменя (среднее за 2017–2019 годы), источник: собственные вычисления (разработки) автора

Table 2. Net productivity of spring barley photosynthesis (average for 2017–2019), source: author's own calculations

Расстояние от ЛП, Н	Межфазный период			
	кущение-выход в трубку	выход в трубку-колошение	колошение-молочная спелость	кущение-молочная спелость
5Н	0,13	0,23	0	0,36
10Н	0,08	0,31	0,08	0,47
15Н	0,08	0,3	0,15	0,53
20Н	0,12	0,18	0,08	0,38
25Н	0,09	0,15	0,07	0,31
30Н	0,07	0,18	0,02	0,27

Таблица 3. Динамика накопления сухого вещества в посевах ярового ячменя (среднее за 2017–2019 годы), источник: собственные вычисления (разработки) автора

Table 3. Dynamics of dry matter accumulation in crops of spring barley (average for 2017–2019), source: author's own calculations (developments)

Расстояние от ЛП, Н	Межфазный период			
	кущение-выход в трубку	выход в трубку-колошение	колошение-молочная спелость	кущение-молочная спелость
5Н	169	600	132	901
10Н	192	889	99	1178
15Н	156	842	126	1124
20Н	148	854	103	1105
25Н	114	855	114	1083
30Н	177	790	99	1066

Таблица 4. Структура урожая ярового ячменя (среднее за 2017–2019 годы), источник: собственные вычисления (разработки) автора

Table 4. Yield structure of spring barley (average for 2017–2019), source: author's own calculations (developments)

Расстояние от ЛП, Н	Продуктивных стеблей, шт./м ²	Зерен в колосе, шт.	Масса 1000 зерен, г	Масса зерен в колосе, г	Средняя урожайность, т/га
5Н	396	17	31,8	0,6	1,8
10Н	452	18	34,8	0,7	1,8
15Н	258	16	30,4	0,5	1,05
20Н	396	18	32,8	0,6	1,4
25Н	312	18	30,4	0,6	1,5
30Н	402	17	30,9	0,5	1,6

В среднем за годы исследований (табл. 2) за межфазный период «кущение-выход в трубку» чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) колебалась от 0,07 до 0,13 г/м² сутки в зависимости от удаленности от ЛП.

В межфазный период «выход в трубку-колошение» этот показатель достигал максимума — от 0,15 до 0,31 г/м² в сутки, затем в фазу «колошение-молочная спелость» ЧПФ снижался до 0–0,15 г/м² в сутки в зависимости от удаления от ЛП.

Для определения особенностей формирования продуктивности ярового ячменя под влиянием ЛП большое значение имеет изучение динамики накопления массы абсолютно сухого вещества растениями. Исследования показали, что активно накопление абсолютно сухого вещества растениями ярового ячменя происходит в фазу «выход в трубку» и составляет от 600 до 889 г/м² в зависимости от сохранности растений к уборке и удаленности от ЛП, затем эти показатели уменьшаются за счет утраты части листьев и за счет расхода пластических веществ на дыхание (табл. 3).

Динамика накопления массы сухого вещества растениями ярового ячменя зависит от агротехнологических приемов, погодно-климатических условий и т.д. Влияние нормы высева семян и густоты посева ярового ячменя на накопление сухого вещества ведет к сокращению массы сухого вещества на единицу площади посева. Это отчетливо выражено в фазу «кущение-молочная спелость».

Под влиянием ЛП значительно меняются элементы структуры урожая ярового ячменя (табл. 4).

Количество продуктивных стеблей ярового ячменя к фазе созревания зерна за три года исследований составляло 258–452 шт./м². Количество зерен в колосе у ярового ячменя изменялось от 16 до 18 шт./м² на разной удаленности от ЛП. Такая же закономерность прослеживается и по массе 1000 зерен.

Площадь листьев существенно влияла на формирование массы 1000 зерен и числа продуктивных стеблей в фазу колошения: $R = 0,5...0,7$; $R = 0,5...0,6$ соответственно в зависимости удаления от лесной полосы. В фазу молочной спелости установлена достоверная корреляционная связь площади листовой поверхности с массой зерен в главном колосе в 2017, 2018 и 2019 годы ($R = 0,7, 0,5, 0,6$, соответственно).

Выводы

Исследования показали, что максимальная площадь листовой поверхности, величина фотосинтетического потенциала, чистая продуктивность фотосинтеза, накопление сухого вещества были наилучшими на расстоянии 10–20Н от удаленности от лесных полос. В условиях

сухостепной зоны светло-каштановых почв Нижнего Поволжья целесообразно создание полевых защитных лесных насаждений, что будет способствовать улучшению показателей микроклимата на прилегающем пространстве, которые оказывают благоприятное влияние на возделываемую сельскохозяйственную культуру.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Кадыров М.А., Сенченко В.Г., Батуро Ф.Н. Ячмень: как, где, когда и всегда с прибылью. Белорусское сельское хозяйство. 2006; (1): 21–23. [Kadyrov M.A., Senchenko V.G., Baturo F.N. Barley: how, where, when and always with profit. Belorusskoe sel'skoe khozyajstvo. 2006; (1): 21–23 (In Russ.).]
2. Политыко П.М., Кузьмин В.Н., Кисилев Е.Ф., Ерошенко Н.А. и др. Технологии возделывания яровых зерновых в Центральном Нечерноземье. Москва: МосНИИСХ. 2010. 92 с. [Polityko P.M., Kuz'min V.N., Kisilev E.F., Eroshenko N.A. i dr. Technologies for the cultivation of spring grain in the Central Non-Black Earth Region. Moskva: MosNIISX. 2010. 92 p. (In Russ.).]
3. Шевцов В.М., Малюга Н.Г., Пикушова Н.А., Лобач И.А. Устойчивость озимого ячменя к болезням. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2009; (16): 77–83 [Shevczov V.M., Malyuga N.G., Pikushova N.A., Lobach I.A. Resistance of winter barley to diseases. Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2009; (16): 77–83 (In Russ.).]
4. Адаменъ Ф.Ф., Паштецкий В.Ф., Плугатарь Ф.В. Полезащитные лесные полосы как основа устойчивого развития агроландшафта. Зрошуване землеробство. 2012; (57): 36–40. [Adamen' F.F., Pashtetskij V.F., Plugatar' F.V. Protective forest belts as the basis for sustainable development of agrolandscape. Zroshuvane zemlerobstvo. 2012; (57): 36–40 (In Russ.).]
5. Верин А.Ю., Медведев И.Ф., Губарев Д.И., Деревягин С.С., Графов В.П. Влияние лесной полосы на формирование экологических факторов агроландшафта. Аграрный научный журнал. 2018; (12): 12–15 [Verin A.Yu., Medvedev I.F., Gubarev D.I., Derevyagin S.S., Grafov V.P. The influence of the forest strip on the formation of environmental factors of the agrolandscape. Agrarny'j nauchny'j zhurnal. 2018; (12): 12–15 (In Russ.).]
6. Zivcak M., Olsovska K., Brestic C. Photosynthetic responses under harmful and changing environment: Practical aspects in crop research (Book Chapter). Photosynthesis: Structures, Mechanisms, and Applications. 2017; (16): 203–248.
7. Балакай Н.И. Полезащитные лесные полосы. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2013; (50): 17–24 [Balakaj N.I. Protective forest belts. Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2013; (50): 17–24 (In Russ.).]
8. Евдокимова В.А., Марына, Чермных О.Г. Влияние регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов ярового ячменя. Вестник Ульяновской сельскохозяйственной академии. 2018; (4): 91–96 [Evdokimova V.A., Marina, Chernny'x O.G. The influence of growth regulators on the photosynthetic activity of spring barley crops. Vestnik Ul'yanskoj sel'skoxozyajstvennoj akademii. 2018; (4): 91–96 DOI 10.18286/1816-4501-2018-4-91-97 (In Russ.).]
9. Павловская Н.Е., Тимаков А.Г., Яковлева И.А., Мамеев В.В. Изучение морфофизиологических показателей и чистой продуктивности фотосинтеза ярового ячменя. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019; (1): 2–15 [Pavlovskaya N.E., Timakov A.G., Yakovleva I.A., Mameev V.V. The study of morphophysiological indicators and the net productivity of spring barley photosynthesis. Nauchny'j zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2019; (1): 2–15 DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-153-167 (In Russ.).]
10. Сорока С.В., Якимович Е.А. Применение средств защиты растений в Белоруссии. Защита и карантин растений. 2014; (4): 8–10 [Soroka S.V., Yakimovich E.A. The use of plant protection products in Belarus. Zashhita i karantin rastenij. 2014; (4): 8–10 (In Russ.).]
11. Усанова З.И., Гуляев М.В. Влияние фона минерального питания и нормы высева на продуктивность посевов яровых зерновых культур в условиях Верхневолжья. Достижения науки и техники АПК. 2011; (11): 24–27 [Usanova Z.I., Gulyaev M.V. The influence of the mineral nutrition background and seeding rate on the productivity of spring crops in the Upper Volga region. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2011; (11): 24–27 (In Russ.).]
12. Танюкевич В.В. Надземная фитомасса лесных полос, их влияние на ветровой режим и влагонакопление агроландшафтов. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013; (91): 986–1003 [Tanyukevich V.V. Elevated phytomass of forest strips, their influence on the wind regime and moisture accumulation of agrolandscapes. Politematiceskij setevoy e'lektronny'j nauchny'j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2013; (91): 986–1003 (In Russ.).]
13. Штырхунов В.Д., Останина А.В., Ерошенко Н.А. Яровой ячмень. Технология возделывания в Центральном районе Нечерноземной зоны РФ. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 2010. 140 с. [Shtyrkhunov V.D., Ostanina A.V., Eroshenko N.A. Spring barley. The technology of cultivation in the Central region of the Non-chernozem zone of the Russian Federation. M.: Izd-vo RGAU-MSXA imeni K.A. Timiryazeva. 2010. 140 p. (In Russ.).]
14. Al-Ghazawi, A.L.A., Al-Ajlouni, Z.I., Al-Sane, K.O., Bsoul, E.Y., Musallam, I., Khalaf, Y.B., Al-Hajaj, N., Al-Tawaha, A.R., Aldwairi, Y., Al-Saqqa, H. Yield stability and adaptation of four spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under rainfed. Conditions Research on Crops. 2019; 20(1): 10–18.
15. Viljevac Vuletić, M., Marček T., Španić V. Photosynthetic and antioxidative strategies of flag leaf maturation and its impact to grain yield of two field-grown wheat varieties Theoretical and Experimental. Plant Physiology. 2019; 31 (3): 387–399.
16. Cammarano D., Hawes C., Squire G., Holland J., Rivington M., Murgia T., Roggero P.P., Fontana F., Casa R., Ronga D. Rainfall and temperature impacts on barley (*Hordeum vulgare* L.) yield and malting quality in Scotland. Field Crops Research. 2019; 241(1): 107559.
17. Klem, K., Gargallo-Garriga, A., Rattanapichai, W., Oravec, M., Holub, P., Veselá, B., Sardans, J., Peñuelas, J., Urban, O. Distinct Morphological, Physiological, and Biochemical Responses to Light Quality in Barley Leaves and Roots. Frontiers in Plant Science. 2019; 10

ОБ АВТОРЕ:

Семинченко Елена В., научный сотрудник, соискатель, <https://orcid.org/0000-0003-3155-9563>

ABOUT THE AUTHOR:

Elena V. Seminchenko, researcher, applicant, <https://orcid.org/0000-0003-3155-9563>