

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 633.16

doi: 10.31774/2712-9357-2023-13-4-332-348

Влияние основных приемов и способов возделывания ярового ячменя на площадь ассимиляционной поверхности и индекс листовой поверхности посевов в почвенно-климатических условиях Курской области

Галина Михайловна Дериглазова

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Российская Федерация,
g_deriglazova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2401-3028>

Аннотация. Цель: определить влияние сорта, нормы посева и внесения минеральных удобрений при возделывании ярового ячменя на площадь ассимиляционной поверхности одного растения и индекс листовой поверхности посевов по фазам роста культуры в почвенно-климатических условиях Курской области. **Материалы и методы.** Исследования проводились в 2022, 2023 гг. в полевом опыте в Курском федеральном аграрном научном центре в зернопаровом севообороте. Схема опыта включает изучение трех сортов – Суздалец, Прометей, Деспина. Второй фактор – нормы посева: 3, 4, 5, 6 млн шт. всхожих семян на 1 га. Третий фактор – уровни внесения минеральных удобрений: контроль без удобрений и $N_{30}P_{30}K_{30}$. **Результаты.** Выяснено, что площадь ассимиляционной поверхности одного растения ярового ячменя в фазу всходов зависела в большей степени от сорта (на 40 %), также она увеличивалась под действием внесения минеральных удобрений (на 16 %). Индекс листовой поверхности ярового ячменя в фазу всходов зависел на 89 % от нормы посева семян. В фазу кущения площадь листьев зависела на 72 % от условий года. Исследования в фазу цветения культуры выявили, что главным воздействующим на площадь ассимиляционной поверхности и индекс листовой поверхности фактором является год исследования (31 и 44 % соответственно), фактор сорта обеспечивал соответственно 23 и 27 % варьирования показателя и внесение удобрений – 20 и 30 % соответственно. В фазу молочной спелости из-за отмирания листьев наблюдается снижение фотосинтетических показателей ярового ячменя. **Вывод.** Установлено, что площадь ассимиляционной поверхности одного растения и индекс листовой поверхности являются очень динамичными показателями и в большой степени зависят от года исследований, сорта и внесения минеральных удобрений. В первоначальный период роста культуры на индекс листовой поверхности оказывает воздействие норма посева семян.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорт, норма посева, внесение минеральных удобрений, площадь ассимиляционной поверхности, индекс листовой поверхности

Для цитирования: Дериглазова Г. М. Влияние основных приемов и способов возделывания ярового ячменя на площадь ассимиляционной поверхности и индекс листовой поверхности посевов в почвенно-климатических условиях Курской области // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13, № 4. С. 332–348. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-332-348>.

GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

**The influence of main techniques and methods of spring barley tillage
on the assimilation surface area and the crops leaf area index
under the soil and climate conditions of Kursk region**

Galina M. Deriglazova

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russian Federation,
g_deriglazova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2401-3028>

Abstract. Purpose: to determine the influence of the cultivar, seeding rate and application of mineral fertilizers when cultivating spring barley on the assimilation surface area of one plant and the leaf surface index of crops according to the crop growth phases in the soil and climatic conditions of Kursk region. **Materials and methods.** The studies were conducted in 2022 and 2023 in the field experience at Federal Agricultural Kursk Research Center in grain-fallow crop rotation. The experimental scheme includes the study of three cultivars – Suzdalets, Prometheus, Despina. The second factor is seeding rates: 3, 4, 5, 6 million units of viable seeds per 1 ha. The third factor is the levels of mineral fertilization: control without fertilizers and $N_{30}P_{30}K_{30}$. **Results.** It was found that the assimilation surface area of one spring barley plant in the seedling stage depended to a greater extent on the cultivar (by 40 %), and it also increased under the influence of mineral fertilization (by 16 %). The leaf area index of spring barley in the seedling stage depended by 89 % on the seeding rate. During the tillering stage, the leaf area depended by 72 % on the year conditions. Research during the crop blooming stage revealed that the main factor influencing the assimilation surface area and leaf area index was the year of study (31 and 44 %, respectively), the cultivar factor provided 23 and 27 % of the indicator variation, respectively, and the mineral fertilization – 20 and 30 %, respectively. During the milk-ripe stage, due to the leaves dying off, a decrease in the photosynthetic parameters of spring barley is observed. **Conclusion.** It has been determined that the assimilation surface area of one plant and the leaf area index are very dynamic indicators and largely depend on the year of research, the cultivar and the mineral fertilization. During the initial period of crop growth, the leaf area index is affected by the seed application rate.

Keywords: spring barley, cultivar, seeding rate, mineral fertilization, assimilation surface area, leaf area index

For citation: Deriglazova G. M. The influence of main techniques and methods of spring barley tillage on the assimilation surface area and the crops leaf area index under the soil and climate conditions of Kursk region. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2023;13(4):332–348. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-4-332-348>.

Введение. Изучением природы фотосинтеза интересовались ученые начиная с XVIII в. В тот период они старались разгадать загадку выделения кислорода растениями. Основные исследования и открытия в области физиологии растений приходились на XIX–XX вв. Изучением фотосинтеза растений занимались такие ученые, как Р. Майер, В. Пфефф, который ввел термин «фотосинтез», Ж. Каванту, К. А. Тимирязев, А. С. Фаминцын и мно-

гие, многие другие. До настоящего времени вопрос фотосинтеза растений будоражит умы большого количества ученых [1–10].

Многие из них назвали основной целью повышения урожайности зерновых культур увеличение посевов с большим поглощением фотосинтетически активной радиации [1–7]. Известно, что главным фотосинтезирующим органом растений является лист. Именно поэтому ведутся исследования, посвященные изучению влияния площади листовой поверхности на урожайность культур [2–5].

Учеными выяснено, что увеличение площади листьев влечет за собой повышение числа зерен у ячменя и их размера в растении [3, 8]. В опытах Г. Я. Козлова и Г. П. Антипова площадь ассимиляционной поверхности ячменя в течение вегетации зависела на 82–96 % от погодных условий и на 0,8–13 % от сорта [7]. При достаточной влагообеспеченности в период выхода в трубку ячменя площадь листовой поверхности растений увеличивается [8, 9].

В условиях Западной Сибири площадь листьев одного растения в фазу выхода в трубку была максимальной [7]. В опытах лаборатории растениеводства РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева выяснили, что максимальная листовая поверхность формируется в фазу колошения культуры [1]. Установлено, что индекс листовой поверхности ярового ячменя находился в прямой зависимости от нормы посева семян [10].

Цель работы – определить влияние сорта, нормы посева и внесения минеральных удобрений при возделывании ярового ячменя на площадь ассимиляционной поверхности одного растения и индекс листовой поверхности посевов по фазам роста культуры в почвенно-климатических условиях Курской области.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2022 и 2023 гг. в полевом опыте лаборатории технологий возделывания полевых культур Курского федерального аграрного научного центра (Курского ФАНЦ)

в зернопаровом севообороте: чистый (занятый) пар, озимая пшеница, соя, яровой ячмень. Посевная площадь деланки 59,5 м² (3,40 × 17,5). Севооборот развернут во времени и в пространстве в трехкратной повторности.

Схема трехфакторного опыта включает изучение трех сортов ярового ячменя – Суздалец, Прометей, Деспина. Два сорта селекции Курского научно-исследовательского института агропромышленного производства (Курский ФАНЦ), рекомендованные по Центрально-Черноземному (5) региону (1-й сорт Суздалец, 2-й сорт Прометей), 3-й изучаемый сорт Деспина – немецкой селекции Nordsaat Saatzucht GmbH (Германия). Данный сорт является наиболее распространенным в Курской области и занимает 35 % от посева всех сортов ячменя, хотя не районирован по Центрально-Черноземному (5) региону. Год регистрации 2012.

Второй фактор – нормы высева (четыре нормы): 3, 4, 5, 6 млн шт. всхожих семян на 1 га. Третий фактор – уровни минерального питания: контроль без удобрений и N₃₀P₃₀K₃₀. Технология возделывания ярового ячменя в опыте была общепринятой для региона.

Почва опытного участка представлена черноземом типичным мощным тяжелосуглинистого гранулометрического состава, содержание гумуса 6,2 %, рН 6,3. В опыте обеспеченность культур азотом изменяется от очень низкой на контроле до средней на вариантах с удобрениями. Содержание подвижного фосфора (по Чирикову) в зависимости от технологии возделывания варьировало от 78 до 127 мг/кг почвы и характеризовалось средней и повышенной обеспеченностью. По характеристике обеспеченности почв подвижным калием (по Чирикову) все варианты опыта обладают повышенной обеспеченностью.

Площадь ассимиляционной поверхности одного растения определялась по фазам роста ярового ячменя (всходы, кущение, цветение, молочная спелость) с помощью отбора 25 растений в трехкратной повторности с каждого варианта опыта. В каждом растении измерялась длина и ширина

каждого листа. Площадь листьев растения определялась суммой площади каждого листа (произведение длины, ширины растений и поправочного коэффициента).

Индекс листовой поверхности ярового ячменя определялся площадью листовой поверхности всех растений на квадратном метре посевов.

Обработку полученных экспериментальных данных выполняли методами статистического анализа с использованием программ Microsoft Excel и STATGRAP.2_1.

Результаты и обсуждение. Погодные условия вегетации ярового ячменя по годам исследований были разнообразными (таблица 1).

Таблица 1 – Метеорологические условия в годы проведения исследований

Table 1 – Meteorological conditions during the years of research

Месяц	Средняя месячная температура воздуха, °C			Месячная сумма выпавших осадков, мм		
	Средняя многолетняя	2022 г.	2023 г.	Многолетняя	2022 г.	2023 г.
Май	13,8	12,0	14,3	50	84,6	19
Июнь	17,3	20,0	17,4	59	10,1	72
Июль	18,9	19,7	19,8	71	68,5	197
Август	18,1	22,1	21,3	64	25,2	56

В 2022 г. период всходов культуры проходил при температуре воздуха ниже среднемноголетних значений на 1,8 °C при повышенной сумме осадков (выше на 69 % по сравнению со среднемноголетними значениями). В летний период среднемесячная температура воздуха превышала среднемноголетние значения (в июне на 2,7 °C, в июле на 0,8 °C, а в августе на 4,0 °C), в то время как количество осадков было ниже среднемноголетней суммы (в июне на 49 мм, в июле на 2,5 мм, а в августе на 39 мм, или на 83; 4 и 61 % соответственно).

В 2023 г. весна была ранняя, но затяжная, температура воздуха была немного выше среднемноголетних значений, а количество осадков было ниже среднемноголетней нормы на 62 % и составило 19 мм. Поэтому

всходы и первоначальный рост и развитие культуры проходили при низкой влажности почвы. Летом в июле выпало очень большое количество осадков (больше среднемноголетних значений на 178 %) в виде ливневых дождей, что затруднило рост и развитие культуры.

Динамика развития площади листовой поверхности растений имеет ряд установленных закономерностей. При появлении всходов она постепенно увеличивается, после чего темпы ее нарастания значительно возрастают. Ко времени остановки роста растений в высоту площадь листовой поверхности сельскохозяйственных культур достигает максимальной величины за вегетацию и начинает понемногу понижаться вследствие отмирания листьев. К уборке культуры зеленые листья на посевах исчезают [2, 6].

Площадь ассимиляционной поверхности одного растения в фазу всходов ячменя в зависимости от погодных условий года исследований по вариантам опыта значительно не отличалась. Разница по годам составляла от 0,12 до 0,73 см².

В среднем за два года исследований наибольшая площадь ассимиляционной поверхности одного растения в фазу всходов была отмечена на варианте с нормой высева 3 млн шт. всхожих семян на 1 га с применением минеральных удобрений (7,49 см²) при возделывании сорта Суздалец, а наименьшая – на контрольном варианте с нормой высева 5 млн шт. всхожих семян на 1 га у сорта Прометей – 5,14 см² (таблица 2).

В целом растения сорта Суздалец обладали большей площадью листовой поверхности по сравнению с другими исследуемыми сортами. Среднее значение показателя сорта Суздалец составило 6,79 см², что достоверно выше, чем у сорта Прометей, на 11 %, а у сорта Деспина на 12 %.

С помощью дисперсионного анализа полученных данных было выяснено, что площадь ассимиляционной поверхности одного растения ячменя в фазу всходов зависела в большей степени от сорта (на 40 %), также она

увеличивалась под действием внесения минеральных удобрений (на 16 %) (рисунок 1).

Таблица 2 – Площадь ассимиляционной поверхности одного растения и индекс листовой поверхности ярового ячменя в фазу всходов в зависимости от сорта, нормы высева и внесения удобрений (среднее за 2022–2023 гг.)

Table 2 – Assimilation surface area of one plant and leaf area index of spring barley in the germination phase depending on the cultivar, seeding rate and fertilizer application (average for 2022–2023)

Норма высева	Внесение минеральных удобрений	Площадь ассимиляционной поверхности одного растения, см ²			Индекс листовой поверхности, м ² /м ²		
		Суздалец	Прометей	Деспина	Суздалец	Прометей	Деспина
3 млн	Контроль	6,29	5,89	5,64	0,17	0,16	0,15
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	7,49	5,97	6,54	0,20	0,17	0,18
4 млн	Контроль	7,14	6,21	5,85	0,27	0,24	0,22
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	7,13	6,26	6,02	0,27	0,24	0,23
5 млн	Контроль	6,62	5,14	5,76	0,31	0,25	0,27
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	6,85	6,09	7,03	0,33	0,29	0,33
6 млн	Контроль	6,30	6,03	5,52	0,36	0,35	0,32
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	6,50	6,54	5,99	0,37	0,38	0,34
Среднее		6,79	6,02	6,04	0,29	0,26	0,26
НСР ₀₅		0,35	0,42	0,38	0,02	0,04	0,03

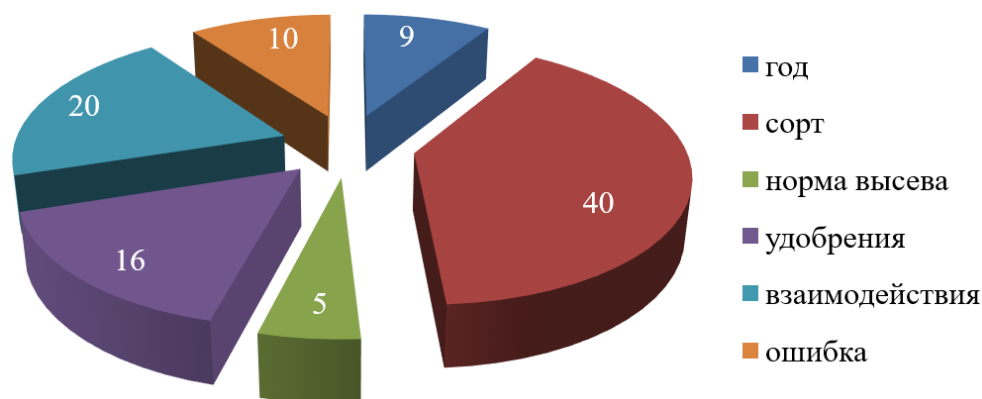


Рисунок 1 – Доли вклада факторов в площадь ассимиляционной поверхности ярового ячменя в фазу всходов, %

Figure 1 – Proportions of the contribution of factors to the assimilation surface area of spring barley in the seedling stage, %

При изучении влияния факторов у каждого сорта в отдельности на изучаемый показатель выяснено, что у сортов Суздалец и Прометей главным влияющим на площадь листьев фактором является норма высева

(35 и 42 % соответственно), а у сорта Деспина – внесение минеральных удобрений (39 %).

Индекс листовой поверхности ярового ячменя в фазу всходов был минимальным и зависел на 89 % от нормы высева семян.

В фазу кущения ярового ячменя на площадь ассимиляционной поверхности листьев большое влияние оказал фактор года исследования. В 2022 г. она варьировала от 16,4 до 36,7 см², а в 2023 г. от 8,7 до 19,8 см² (таблица 3).

Таблица 3 – Площадь ассимиляционной поверхности одного растения ярового ячменя в фазу кущения

В см²

Table 3 – Assimilation surface area of one spring barley plant in the tillering stage

In cm²

Норма высева	Внесение минеральных удобрений	2022 г.			2023 г.		
		Суздалец	Прометей	Деспина	Суздалец	Прометей	Деспина
3 млн	Контроль	23,0	21,5	20,7	13,6	8,8	11,7
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	36,7	26,1	28,9	15,4	15,9	11,7
4 млн	Контроль	24,4	25,6	21,4	12,0	8,1	12,5
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	30,5	27,2	21,9	13,5	12,4	12,8
5 млн	Контроль	21,2	23,9	21,7	13,8	9,7	9,0
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	24,1	31,0	22,7	13,7	15,0	19,2
6 млн	Контроль	16,8	21,8	16,4	14,6	8,7	11,2
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	26,6	31,8	30,9	15,4	11,4	19,8
Среднее		25,4	26,1	22,9	14,0	11,2	12,0
НСР ₀₅		1,4	1,1	0,9	0,8	1,4	1,1

Это утверждение подтверждается дисперсионным анализом данных, который показал, что площадь листьев в фазу кущения культуры зависела от года исследований на 72 % (рисунок 2).

При анализе каждого года в отдельности выявлено, что за два года исследований наиболее значимым воздействующим влиянием на показатель обладало внесение минеральных удобрений (49 и 44 %), меньшее воздействие наблюдалось от фактора сорта (16 и 19 %). Достоверного влияния нормы высева семян не было обнаружено.

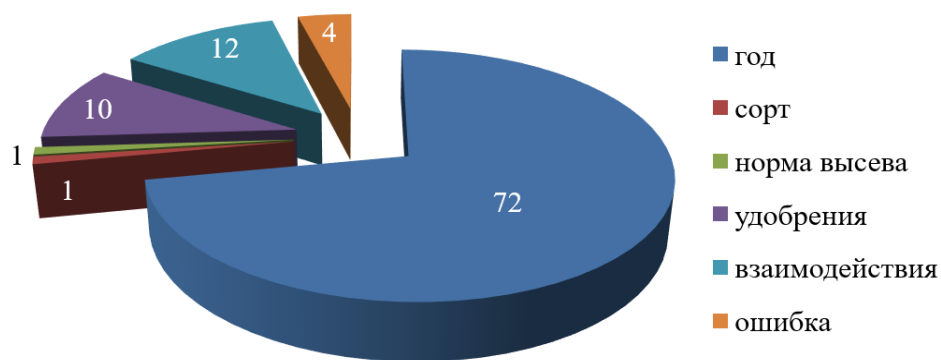


Рисунок 2 – Доли вклада факторов в площадь ассимиляционной поверхности ярового ячменя в фазу кущения, %
Figure 2 – Proportions of the contribution of factors to the assimilation surface area of spring barley in the tillering phase, %

Наибольшая зависимость показателя от погоды отмечалась у сорта Прометей. Так, площадь ассимиляционной поверхности листьев в 2022 г. превышала показатель 2023 г. в зависимости от варианта опыта на 38,8–68,5 %, в среднем по всем вариантам опыта этот показатель составил 57 %. У сортов Суздалец и Деспина площадь ассимиляции была выше в 2022 г. по сравнению с 2023 г. в среднем по всем вариантам на 42 и 41 % соответственно.

Достоверное повышение показателя отмечалось под действием внесения минеральных удобрений у сортов Суздалец и Прометей во всех вариантах опыта. Средняя прибавка за два года у сорта Прометей от применения удобрений составила 34 %, а у Суздальца – 26 %. У сорта Деспина в 2022 г. при норме высева 4 млн шт. семян/га и в 2023 г. при нормах высева семян 3 и 4 млн шт./га прибавка не превышала наименьшую существенную разность и была в пределах ошибки опыта, но при повышении нормы высева семян достоверность увеличения показателя не вызывала сомнений.

Прибавка в площади листьев от фазы всходов до фазы кущения в среднем за два года по всем вариантам опыта у трех исследуемых сортов была примерно одинакова (от 52 до 54 %).

Достоверная зависимость изменения площади листьев в фазу кущения ячменя от нормы высева семян отсутствовала.

Индекс листовой поверхности ярового ячменя в фазу кущения за два года по вариантам опыта изменялся от 0,64 до 6,09 м²/м² (таблица 4).

Таблица 4 – Индекс листовой поверхности ярового ячменя в фазу кущения

В м²/м²

Table 4 – Leaf area index of spring barley in the tillering phase

In m²/m²

Норма высева	Внесение минеральных удобрений	2022 г.			2023 г.		
		Суздалец	Прометей	Деспина	Суздалец	Прометей	Деспина
3 млн	Контроль	2,47	2,41	1,86	0,64	0,66	0,75
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,94	2,50	2,30	1,20	1,34	0,81
4 млн	Контроль	3,34	2,87	1,91	1,15	0,72	1,03
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,05	3,97	2,52	1,11	1,60	0,94
5 млн	Контроль	2,75	3,41	2,37	1,43	0,96	0,84
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,24	5,81	2,65	1,73	1,99	2,08
6 млн	Контроль	2,00	2,89	2,04	1,41	0,83	1,01
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,56	6,09	4,84	1,85	2,20	1,45
Среднее		3,29	3,74	2,56	1,32	1,29	1,11
НСР ₀₅		0,54	0,62	0,58	0,12	0,22	0,17

Выяснено, что индекс листовой поверхности у сорта Прометей в фазу кущения на вариантах опыта с удобрениями при нормах высева 5 и 6 млн шт. всхожих семян на 1 га в 2022 г. имел максимальное значение (5,81 и 6,09 м²/м² соответственно). Поэтому поглощение ФАР листьями ячменя на этих вариантах максимально и составляет 40 % от общей радиации и 75–80 % от видимой. Дальнейшее увеличение площади листьев на данных вариантах уже не будет способствовать повышению поглощения ФАР [11].

От внесения минеральных удобрений прибавка индекса листовой поверхности в 2022 г. составила в среднем у сортов Суздалец и Деспина 50 %, а у сорта Прометей 58 %. В 2023 г. в этот период она была максимальна у сорта Прометей (124 %), у Деспины – 45 %, а у Суздальца – 27 %. Прибавка показателя от фазы всходов до фазы кущения у трех исследуемых сортов была на одинаковом уровне и составила 70 %.

Исследования культуры выявили, что наибольшие площадь ассимилирующей поверхности и индекс листовой поверхности в фазу цветения

в среднем по всем вариантам опыта за два года наблюдались у сорта Прометей ($28,53 \text{ см}^2$ и $3,67 \text{ м}^2/\text{м}^2$) (таблица 5).

Таблица 5 – Площадь ассимиляционной поверхности одного растения и индекс листовой поверхности ярового ячменя в фазу цветения в зависимости от года, сорта, нормы высева и внесения удобрений

Table 5 – Assimilation surface area of one plant and leaf area index of spring barley in the blooming stage depending on the year, cultivar, seeding rate and fertilizer application

Норма высева	Внесение минеральных удобрений	2022 г.			2023 г.		
		Суздалец	Прометей	Деспина	Суздалец	Прометей	Деспина
Площадь ассимиляционной поверхности одного растения, см ²							
3 млн	Контроль	25,42	27,00	20,72	20,78	23,45	13,78
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	38,20	36,40	28,92	27,64	30,46	13,98
4 млн	Контроль	25,10	34,00	21,66	23,96	18,77	16,96
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	35,25	39,42	22,36	24,90	32,56	18,69
5 млн	Контроль	24,02	29,41	21,76	21,46	16,03	16,01
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	28,52	37,42	26,22	23,45	24,80	22,24
6 млн	Контроль	20,98	26,78	21,63	17,01	26,63	19,57
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	32,54	31,73	31,22	20,71	21,65	21,87
Среднее		28,75	32,77	24,31	20,72	24,29	17,89
НСР ₀₅		1,31	1,36	1,23	1,59	1,62	1,46
Индекс листовой поверхности, м ² /м ²							
3 млн	Контроль	2,73	3,03	1,86	0,99	1,75	0,89
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,10	3,49	2,31	2,15	2,56	1,02
4 млн	Контроль	3,44	3,81	1,93	2,29	1,69	1,38
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,68	5,75	2,58	2,04	4,17	1,48
5 млн	Контроль	3,12	4,20	2,38	2,22	1,59	1,50
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,83	7,01	3,06	2,96	3,29	2,41
6 млн	Контроль	2,50	3,54	2,69	1,65	2,57	1,77
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	5,56	6,07	4,89	2,48	4,18	3,24
Среднее		3,75	4,61	2,71	2,10	2,73	1,71
НСР ₀₅		0,78	0,74	0,66	0,81	0,92	0,87

Выяснено, что главным фактором, воздействующим как на площадь ассимиляционной поверхности, так и на индекс листовой поверхности, является год исследований (31 и 44 % соответственно). Кроме того, отмечалось воздействие на показатели сорта (23 и 27 % соответственно) и внесения минеральных удобрений (20 и 30 % соответственно) (рисунок 3).

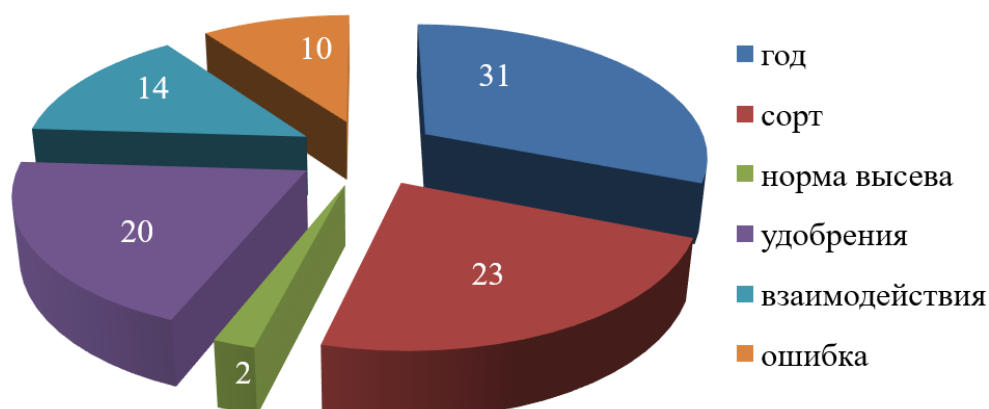


Рисунок 3 – Доли вклада факторов в площадь ассимиляционной поверхности ярового ячменя в фазу цветения, %

Figure 3 – Proportions of the contribution of factors to the assimilation surface area of spring barley in the blooming stage, %

При проведении корреляционного анализа была выявлена обратная заметная корреляционная связь площади ассимиляционной поверхности и индекса листовой поверхности с погодными условиями года ($r = -0,55$) и прямая с внесением минеральных удобрений ($r = 0,54$).

Наиболее отзывчиво на внесение минеральных удобрений ростом площади листьев в фазу цветения отреагировал в 2022 г. сорт Суздалец (повышение показателя на 41 %), а в 2023 г. – сорт Прометей (29 %). Интересно то, что у сорта Прометей прибавка от внесения удобрений не зависела от погодных условий года и была стабильна.

Прибавка в среднем за два года площади листьев от фазы кущения до фазы цветения у сорта Прометей составила 43 %, у сорта Суздалец 24 %, а у сорта Деспина – 14 %.

Индекс листовой поверхности в фазу цветения ярового ячменя был максимальным за период вегетации культуры и в зависимости от варианта опыта и года исследований варьировал от 0,89 до 7,01 м²/м². Поглощение ФАР было максимальным в 2022 г. у сорта Суздалец и Прометей, возрастая при внесении минеральных удобрений.

В среднем за два года в зависимости от варианта опыта показатель изменялся от 1,38 до 5,15 м²/м². Наибольший индекс листовой поверхности

наблюдался у сорта Прометей во все годы исследований. Если прибавка показателя от фазы всходов до кушения не зависела от сорта, то в период от кушения до цветения наибольшее увеличение в среднем по всем вариантам и двум годам было выявлено у сорта Прометей (40 %). У сорта Суздалец и Деспина она составила 21 и 15 % соответственно.

В фазу молочной спелости из-за отмирания листьев наблюдается снижение фотосинтетических показателей ярового ячменя, таких как площадь ассимиляционной поверхности растения и индекс листовой поверхности (таблица 6).

Таблица 6 – Площадь ассимиляционной поверхности одного растения и индекс листовой поверхности ярового ячменя в фазу молочной спелости в зависимости от года, сорта, нормы высева и внесения удобрений

Table 6 – Assimilation surface area of one plant and leaf area index of spring barley in the milk-ripe stage depending on the year, cultivar, seeding rate and fertilizer application

Норма высева	Внесение минеральных удобрений	2022 г.			2023 г.		
		Суздалец	Прометей	Деспина	Суздалец	Прометей	Деспина
Площадь ассимиляционной поверхности одного растения, см ²							
3 млн	Контроль	17,89	18,81	15,05	16,92	3,40	3,40
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	28,10	21,47	22,11	24,98	4,28	4,28
4 млн	Контроль	18,13	20,95	14,78	10,76	6,60	6,60
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	24,48	25,55	15,95	23,93	4,44	4,44
5 млн	Контроль	16,87	19,77	15,83	12,30	1,32	1,32
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	18,18	26,13	17,55	24,15	9,18	9,18
6 млн	Контроль	14,59	19,73	14,58	10,79	14,45	14,45
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	19,11	21,96	24,06	17,72	10,05	10,05
Среднее		19,67	21,79	17,49	17,69	10,89	6,71
НСР ₀₅		1,12	1,18	1,14	1,08	1,02	0,95
Индекс листовой поверхности, м ² /м ²							
3 млн	Контроль	1,92	2,11	1,35	0,80	1,07	0,22
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,02	2,06	1,76	1,94	0,82	0,31
4 млн	Контроль	2,48	2,35	1,32	1,03	0,68	0,54
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,25	3,73	1,84	1,96	3,16	0,35
5 млн	Контроль	2,19	2,82	1,73	1,27	0,23	0,12
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,44	4,90	2,05	3,05	1,86	0,99
6 млн	Контроль	1,74	2,61	1,81	1,05	0,82	1,31
	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	3,27	4,20	3,77	2,12	1,15	1,49
Среднее		2,54	3,1	1,95	1,65	1,22	0,67
НСР ₀₅		0,54	0,63	0,45	0,23	0,16	0,21

Влияние фактора года исследования на площадь ассимиляционной поверхности одного растения в фазу молочной спелости не ослабевало и составило 32 % (рисунок 4).

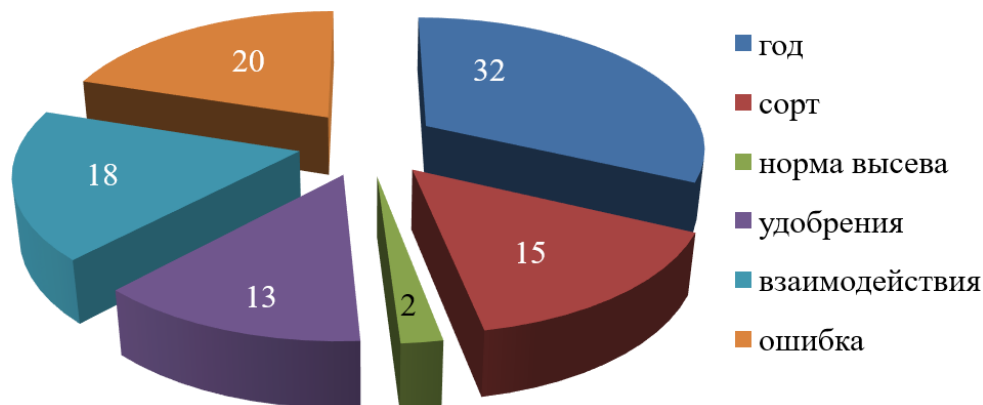


Рисунок 4 – Доли вклада факторов в площадь ассимиляционной поверхности ярового ячменя в фазу молочной спелости, %
Figure 4 – Proportions of the contribution of factors to the assimilation surface area of spring barley in the milk-ripe stage, %

Доля влияния сорта и внесения удобрений в фазу молочной спелости несколько уменьшилась по сравнению с фазой цветения культуры и составила 15 и 13 %.

Снижение площади листьев растений от фазы цветения до фазы молочной спелости в среднем за два года по всем вариантам опыта у сорта Прометей составило 35 %, у Деспины – 34 %, у Суздальца – 22 %.

Естественно, что и индекс листовой поверхности в этот период также снизился у сортов Прометей и Деспина на 33 %, а у Суздальца на 23 % в среднем за два года по всем вариантам опыта.

Выводы. В результате проведения исследований выяснено, что в фазу всходов площадь ассимиляционной поверхности одного растения ячменя зависела в большей степени от сорта (на 40 %), также она увеличивалась под действием внесения минеральных удобрений (на 16 %), а изменение индекса листовой поверхности было обусловлено влиянием нормы высева семян (на 89 %).

Площадь ассимиляционной поверхности листьев в фазу кущения

культуры зависела от года исследований на 72 %, а индекс листовой поверхности на 55 %. При анализе каждого года в отдельности выявлено, что за два года исследований наиболее значимым воздействующим влиянием обладало внесение минеральных удобрений (49 и 44 %), меньшее воздействие наблюдалось от фактора сорта (16 и 19 %).

Выяснено, что в фазу цветения культуры главным воздействующим на площадь ассимиляционной поверхности и на индекс листовой поверхности фактором является год исследований (31 и 44 % соответственно). Кроме того, отмечалось воздействие на показатели сорта (23 и 27 % соответственно) и внесения минеральных удобрений (20 и 30 % соответственно).

Влияние фактора года исследования на площадь ассимиляционной поверхности одного растения в фазу молочной спелости не ослабевало и составило 32 %. Доля влияния сорта и внесения удобрений в фазу молочной спелости составила 15 и 13 %.

Таким образом, установлено, что площадь ассимиляционной поверхности одного растения и индекс листовой поверхности являются очень динамичными показателями и в большой степени зависят от года исследований, сорта и внесения минеральных удобрений. В первоначальный период роста культуры на индекс листовой поверхности оказывает воздействие норма высева семян.

Список источников

1. Влияние биопрепаратов на фотосинтетическую активность посевов ячменя / С. Л. Белопухов, П. Д. Бугаев, М. Е. Ламмас, И. С. Прохоров // Агрохимический вестник. 2013. № 5. С. 19–21.
2. Фотосинтетическая продуктивность и структура урожая яровой пшеницы под влиянием нанокремния в сравнении с биологическим и химическим препаратами / Д. Б. Бородин, И. В. Яковлева, А. А. Хорошилов, Н. Е. Павловская // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56, № 3. С. 487–499. DOI: 10.15389/agrobiology.2021.3.487rus.
3. Curtis T., Halford N. G. Food security: the challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety // Annals of Applied Biology. 2014. 164(3). P. 354–372. DOI: 10.1111/aab.12108.
4. Изучение морфофизиологических показателей и чистой продуктивности фотосинтеза ярового ячменя, возделанного с применением биопрепаратов / Н. Е. Павловская, А. Г. Тимаков, И. В. Яковлева, В. В. Мамеев // Научный журнал Российского НИИ про-

блем мелиорации [Электронный ресурс]. 2019. № 1(33). С. 153–167. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=993> (дата обращения: 15.08.2023). DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-153-167.

5. Rainfall and temperature impacts on barley (*Hordeum vulgare* L.) yield and malting quality in Scotland / D. Cammarano, C. Hawes, G. Squire, J. Holland, M. Rivington, T. Murgia, P. Roggero, F. Fontana, R. Casa, D. Ronga // *Field Crops Research*. 2019. Vol. 241. 107559. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107559>.

6. Deriglazova G., Gavrilova T. Formation of the leaf surface area of spring wheat in various cultivation technologies // *BIO Web Conf.* Vol. 32. III International Scientific and Practical Conference “Problems and Prospects of Scientific and Innovative Support of the Agro-Industrial Complex of the Regions”. 2021, Aug. Article number: 02004. 4 p. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213202004>.

7. Козлова Г. Я., Антипова Г. П. Особенности формирования фотосинтезирующей поверхности ячменя в условиях лесостепи Омского Прииртышья // *Достижения науки и техники АПК*. 2013. № 5. С. 14–17.

8. Prospects of doubling global wheat yields / M. J. Hawkesford, J.-L. Araus, R. Park, D. Calderini, D. Miralles, T. Shen, J. Zhang, M. A. J. Parry // *Food and Energy Security*. 2013. 2(1). P. 34–48. DOI: 10.1002/fes3.15.

9. Morphophysical reaction of *Hordeum vulgare* to the influence of microbial preparations / I. I. Rassokhina, A. V. Platonov, G. Y. Laptev, V. N. Bolshakov // *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2020. 11(2). P. 220–225. DOI: 10.15421/022033.

10. Карашаева А. С., Мазихова А. М. Фотосинтетическая деятельность растений ярового ячменя в зависимости от нормы высева // *Биология в сельском хозяйстве*. 2018. № 3(20). С. 13–15.

11. Strategies for yield determination of bread wheat and two-row barley growing under different environments: A comparative study / S. A. Prado, J. M. Gallardo, B. C. Kruk, D. J. Miralles // *Field Crops Research*. 2017. Vol. 203. P. 94–105. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.12.013>.

References

1. Belopukhov S.L., Bugaev P.D., Lammas M.E., Prokhorov I.S., 2013. *Vliyanie biopreparatov na fotosinteticheskuyu aktivnost' posevov yachmenya* [The influence of biological products on the photosynthetic activity of barley crops]. *Agrokhimicheskiy vestnik* [Agrochemical Herald], no. 5, pp. 19-21. (In Russian).

2. Borodin D.B., Yakovleva I.V., Khoroshilov A.A., Pavlovskaya N.E., 2021. *Fotosinteticheskaya produktivnost' i struktura urozhaya yarovoy pshenitsy pod vliyaniem nanokremniya v sravnenii s biologicheskimi i khimicheskimi preparatami* [A nanosilicon preparation is superior to a biological preparation and a chemical preparation in activity towards photosynthetic productivity and yield parameters of spring wheat]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural Biology], vol. 56, no. 3, pp. 487-499, DOI: 10.15389/agrobiology.2021.3.487rus. (In Russian).

3. Curtis T., Halford N.G., 2014. Food safety: the challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety. *Annals of Applied Biology*, no. 164(3), pp. 354-372, DOI: 10.1111/aab.12108.

4. Pavlovskaya N.E., Timakov A.G., Yakovleva I.V., Mameev V.V., 2019. [The study of morpho-physiological indicators and net productivity of spring barley photosynthesis, cultivated with the application of biologicals]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, no. 1(33), pp. 153-167, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=993> [accessed 15.08.2023], DOI: 10.31774/2222-1816-2019-1-153-167. (In Russian).

5. Cammarano D., Hawes C., Squire G., Holland J., Rivington M., Murgia T., Rogge-

ro P., Fontana F., Casa R., Ronga D., 2019. Rainfall and temperature impacts on barley (*Hordeum vulgare* L.) yield and malting quality in Scotland. *Field Crops Research*, vol. 241, 107559, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107559>.

6. Deriglazova G., Gavrilova T., 2021. Formation of the leaf surface area of spring wheat in various cultivation technologies. *BIO Web Conf.* Vol. 32. III International Scientific and Practical Conference “Problems and Prospects of Scientific and Innovative Support of the Agro-Industrial Complex of the Regions”, Aug., article number: 02004, 4 p., <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213202004>.

7. Kozlova G.Ya., Antipova G.P., 2013. *Osobennosti formirovaniya fotosinteziruyushchey poverkhnosti yachmenya v usloviyakh lesostepi Omskogo Priirtysh'ya* [Features of formation of photosynthetic barley's surface under the conditions of Omsk Priirtysh'e forest-steppe]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex], no. 5, pp. 14-17. (In Russian).

8. Hawkesford M.J., Araus J.-L., Park R., Calderini D., Miralles D., Shen T., Zhang J., Parry M.A.J., 2013. Prospects of doubling global wheat yields. *Food and Energy Security*, no. 2(1), pp. 34-48, DOI: 10.1002/fes3.15.

9. Rassokhina I.I., Platonov A.V., Laptev G.Y., Bolshakov V.N., 2020. Morphophysiological reaction of *Hordeum vulgare* to the influence of microbial preparations. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, no. 11(2), pp. 220-225, DOI: 10.15421/022033.

10. Karashaeva A.S., Mazikhova A.M., 2018. *Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rasteniy yarovogo yachmenya v zavisimosti ot normy vyseva* [Photosynthetic activity of yarn barley plants depending on the sowing rate]. *Biologiya v sel'skom khozyaystve* [Biology in Agriculture], no. 3(20), pp. 13-15. (In Russian).

11. Prado S.A., Gallardo J.M., Kruk B.C., Miralles D.J., 2017. Strategies for yield determination of bread wheat and two-row barley growing under different environments: A comparative study. *Field Crops Research*, vol. 203, pp. 94-105, <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.12.013>.

Информация об авторе

Г. М. Дериглазова – ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания полевых культур, доктор сельскохозяйственных наук, Курский федеральный аграрный научный центр, g_deriglazova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2401-3028>.

Information about the author

G. M. Deriglazova – Leading Researcher at the Laboratory of Cultivation Technology of Field Crops, Doctor of Agricultural Sciences, Federal Agricultural Kursk Research Center, g_deriglazova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-2401-3028>.

Автор несет ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

The author is responsible for violation of scientific publication ethics.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 07.09.2023; одобрена после рецензирования 16.10.2023; принята к публикации 17.10.2023.

The article was submitted 07.09.2023; approved after reviewing 16.10.2023; accepted for publication 17.10.2023.