

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА НОВОГО ЗЕРНОФУРАЖНОГО СОРТА ОВСА ИРТЫШ 33

О. А. Юсова, П. Н. Николаев, В. С. Васюкевич, кандидаты сельскохозяйственных наук

Омский аграрный научный центр,
644012, Омск, просп. Королева, 26
E-mail: yusova@anc55.ru

Исследования проводили с целью оценки влияния фотосинтетической активности нового перспективного сорта овса Иртыш 33 на формирование урожайности и качества зеленой массы. Эксперименты выполняли в 2017–2022 гг. в Западной Сибири. Почва – чернозем обыкновенный, выщелоченный. В 2019 г. наблюдали оптимальную влагообеспеченность (ГТК=1,10), в 2018 г. – избыточное увлажнение (ГТК = 1,39), в 2017, 2020–2022 гг. – засушливые условия (ГТК=0,58–0,77). Объект исследований – новый перспективный сорт Иртыш 33, стандарт – Орион. В среднем за период исследований Иртыш 33 характеризовался более развитым листовым аппаратом с площадью ассимиляционной поверхности в фазе выметывания выше стандарта на 35,5 %, в фазе цветения – на 24,9 %. Массовая доля сухой биомассы нового сорта в указанные сроки была больше, чем у стандарта, соответственно на 14,6 % и 10,2 %, урожайность кормовой массы – на 7,3 и 3,2 т/га. Такие результаты обусловлены, в том числе повышением фотосинтетического потенциала у сорта Иртыш 33, по сравнению со стандартом, на 30 %. Содержание белка в кормовой массе нового сорта в фазе выметывания было больше, чем у стандарта, на 0,4 %, сбор белка – на 1,07 т/га, а массовая доля клетчатки – ниже на 0,7 %. Влияние накопления сухой биомассы на формирование массовой доли клетчатки возрастало от выметывания к цветению с $r=0,515\pm 0,02$ до $r=0,684\pm 0,103$, на урожайность – с $r=0,479\pm 0,008$ до $r=0,602\pm 0,015$, чистой продуктивности фотосинтеза на накопление сухой биомассы – с $r=0,115\pm 0,004$ до $r=0,419\pm 0,017$, на урожайность – с $r=0,460\pm 0,020$ до $r=0,601\pm 0,051$. Средняя прямая степень сопряженности ассимиляционной поверхности листа с массовой долей белка, отмеченная в фазе выметывания ($r=0,640\pm 0,19$), в следующей фазе изменилась на среднюю обратную ($r=-0,508\pm 0,021$).

PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY – AS A FACTOR IN THE FORMATION OF YIELD AND QUALITY OF THE NEW GRAIN FODDER OAT VARIETY IRTYSH 33

O. A. Yusova, P. N. Nikolaev, V. S. Vasyukevich

Omsk Agrarian Scientific Center,
644012, Omsk, prosp. Koroleva, 26
E-mail: yusova@anc55.ru

The purpose of the research is to assess the influence of photosynthetic activity of the new promising oat variety Irtysk 33 on the formation of its yield and quality of green mass. The experiments were performed in 2017–2022. The soil of the experimental plots is ordinary leached chernozem with a humus content of 5.7...7.5 %. The experiment was carried out in 4 repetitions. The seeding rate is 4 million viable seeds/ha. The area of the plots is 10 m². The object of research is a new promising oat variety Irtysk 33, the standard variety is Orion. Optimal moisture supply was observed in 2019 (hydrothermal coefficient = 1.10), excess moisture in 2018 (hydrothermal coefficient = 1.39), and dry conditions in 2017, 2020–2022. (hydrothermal coefficient = 0.58–0.77). On average, over the period of research, the variety Irtysk 33 was characterized by a more developed leaf apparatus (35.5 and 24.9 % higher than the standard for leaf surface area in the sweeping and flowering phases, respectively). The new variety was characterized by an increased mass fraction of dry biomass, exceeding the Orion standard by 14.6 % in the heading phase and by 10.2 % in the flowering phase. The Irtysk 33 variety provided photosynthetic potential 30 % higher than the standard. The new variety generated forage yields that were 7.3 and 3.2 t/ha higher than the standard in the heading and flowering phases, respectively. An increased quality of forage mass of the Irtysk 33 variety in the heading phase was also noted – higher than the standard for the mass fraction of protein by 0.4 %, for protein collection by 1.07 t/ha and 0.7 % lower than the standard for the mass fraction of fiber. Indicators of photosynthetic activity had a direct impact on the formation of the yield and quality of green mass of the Irtysk 33 variety, depending on the development phase. From spawning to flowering, the role of accumulation of dry biomass on the formation of the mass fraction of fiber (from $r=0.515\pm 0.02$ to $r=0.684\pm 0.103$, respectively) and yield (from $r=0.479\pm 0.008$ to $r=0.602\pm 0.015$) increased, as well as the role of net productivity of photosynthesis (for the accumulation of dry biomass from $r=0.115\pm 0.004$ to $r=0.419\pm 0.017$; for yield from $r=0.460\pm 0.020$ to $r=0.601\pm 0.051$). The average direct degree of conjugation of the assimilation surface of the leaf with the mass fraction of protein, noted in the sweeping phase ($r=0.640\pm 0.19$), in the next phase changed to the average reverse ($r=-0.508\pm 0.021$).

Ключевые слова: яровой овес (*Avena sativa* L.), сорт, урожайность, зеленая масса, белок, клетчатка.

Key words: spring oats (*Avena sativa* L.), variety, productivity, green mass, protein, fiber.

Согласно данным Росстата, на протяжении последних двух десятилетий происходило значительное снижение площади посевов овса в РФ с 2900 тыс. га в 2010 г. до 2160 тыс. га в 2022 г., или на 25,5 % [1]. В Сибирском Федеральном округе в 2022 г. Омская область по площади посевов это культуры занимала 6-е место (108,1 тыс. га), по валовым сборам – второе (20 %; 140,9 тыс. т). Необходимо отметить, что валовой сбор овса в Омской области

был значительно выше, чем в регионах с большей площадью посевов (Кемеровская, Новосибирская и Томская области, Республика Хакасия). Очевидно, это связано с возделыванием более урожайных сортов, которые считают основным средством производства [2, 3], обеспечивающим стабильно высокую урожайность [4, 5, 6].

Кроме того, овес ценят как поставщик вегетативной массы, используемой в виде сочного корма, сенажа,

сена и др. Поэтому создание укосных и зерноукосных сортов – важнейшее направление селекции культуры [7]. Овес посевной – растение умеренного климата, которое для эффективного поглощения фотосинтетической активной радиации (ФАР) формирует мощный листовой аппарат, способный обеспечивать накопление урожая, не уступающего другим зерновым культурам при меньшей инсоляции [8].

Несмотря на значительный спрос на вегетативную массу в животноводстве, в Госреестр селекционных достижений включено ограниченное количество сортов кормового назначения, в том числе омской селекции Орион, Иртыш 22, Иртыш 33.

Цель исследований – оценка влияния фотосинтетической активности нового перспективного сорта овса Иртыш 33 на формирование его урожайности и качества зеленой массы.

Методика. Эксперименты выполняли в 2017–2022 гг. в Омском аграрном научном центре, расположенном в южной лесостепи Западной Сибири. Почва опытных участков представлена черноземом обыкновенным. Содержание нитратного азота в слое почвы 0...50 см, согласно градации А. Е. Кочергина, было низким (5,7 мг/кг), P_2O_5 и K_2O (по Чирикову) – очень высоким (в среднем за период исследований соответственно 235 мг/кг и 320,0 мг/кг почвы), гумуса (по Тюрину) – от 5,70 до 7,50 %.

Агротехника возделывания – общепринятая для Западно-Сибирского региона. Основная обработка почвы заключалась в послеуборочном лущении стерни и зяблевой вспашке. Весной проводили закрытие влаги путем

боронования и последующую культивацию на глубину 6...8 см. Овес высевали третьей культурой после пара (пшеница–пшеница–пар) сеялкой ССФК-7 на делянках площадью 10 м² (повторность 4-кратная, норма высева 4 млн всхожих семян/га). Уход за посевами включал комплекс таких мероприятий, как уничтожение почвенной корки и борьба с сорняками (путем боронования через 5...6 суток после посева и в фазе трех-четырёх листьев). Уборку осуществляли селекционным комбайном Hege-125 в фазе полной спелости.

Объект исследований – новый перспективный сорт овса Иртыш 33, стандарт – Орион. Сорт Иртыш 33 – среднеспелый, продолжительность вегетационного периода 83...87 суток. Основные достоинства: высокая урожайность зеленой массы в сочетании с высокой устойчивостью к пыльной головне. Включен в Госреестр РФ с 2023 г. и допущен к использованию в Западно-Сибирском (10) и Восточно-Сибирском (11) регионах.

Наблюдения, оценки и учеты выполняли согласно методике Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) [9]. Определяли урожайность, содержание белка и клетчатки в зеленой массе [10], площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал (ФП) и чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) [11] в фазы выметывания и цветения. Статистическую обработку результатов проводили по Б. А. Доспехову [12].

Годы исследований характеризовались контрастными погодными условиями (рис. 1). Оптимальную влагообеспеченность наблюдали в 2019 г. (ГТК=1,10); избыточное увлажнение – в 2018 г. (ГТК=1,39); засушливые условия – в 2017, 2020–2022 гг. (ГТК=0,58...0,77). Период вегетации 2017 г. характеризовался повышенными температурами воздуха в мае, июне и августе (+0,6...+3,9 °С к средне-многолетним) и недостатком увлажнения в мае и августе (5,4...26 мм, что ниже нормы на 26,5...84,7 %). В июле отмечен недобор температур (–0,3...–1,6 °С к средне-многолетним) и осадки ливневого характера (на 4...60,5 % превышающие норму). В мае и июне 2018 и 2019 гг. наблюдали превышение нормы по увлажнению (103,1...209,9 %), аналогичную ситуацию отмечали в августе 2018 г. (120,9 %). Повышенными температурами воздуха в 2019 г. характеризовались май и август (+1,9 и +0,4 °С к средне-многолетним), в 2018 г. – июнь (+1,5 °С к норме). Наиболее засушливые условия сложились в 2020–2022 гг. при существенном превышении средних температур воздуха в мае и июне (от +0,5 до +7 °С к норме), июле и августе 2020 и 2021 гг. (+0,6...+1,9 °С к средне-многолетним). Дефицит осадков наблюдали в мае 2020–2022 г. (22...53 % нормы), июне и июле 2020 и 2021 гг. (20,1...84,7 %), августе 2022 г. (76,8 % нормы).

Результаты и обсуждение. При анализе средних данных по обоим сортам (табл. 1) в фазе выметывания отмечена более высокая площадь листовой поверхности растений (167,5 см²/раст.), чем в фазе цветения (147,2 см²/раст.). Величина этого показателя у сорта Иртыш 33 была выше, чем у стандарта Орион, соответственно на 44,7 и 32,6 см²/раст. Изменчивость площади листьев у обоих сортов была значительной (у стандарта Орион 37,3 % в фазе выметывания и 55,1 % в фазе цветения; у сорта Иртыш 33 – 48,1 % и 57,4 % соответственно), что позволяет предположить высокую долю влияния условий возделывания на формирование этого признака.

Сухая биомасса в среднем по исследуемым сортам, напротив, имела тенденцию к нарастанию в фазе цветения (+0,1 г/раст., по отношению к фазе выметывания). Сорт Иртыш 33, аналогично предыдущему показателю, также характеризовался прибавкой к стандарту соот-

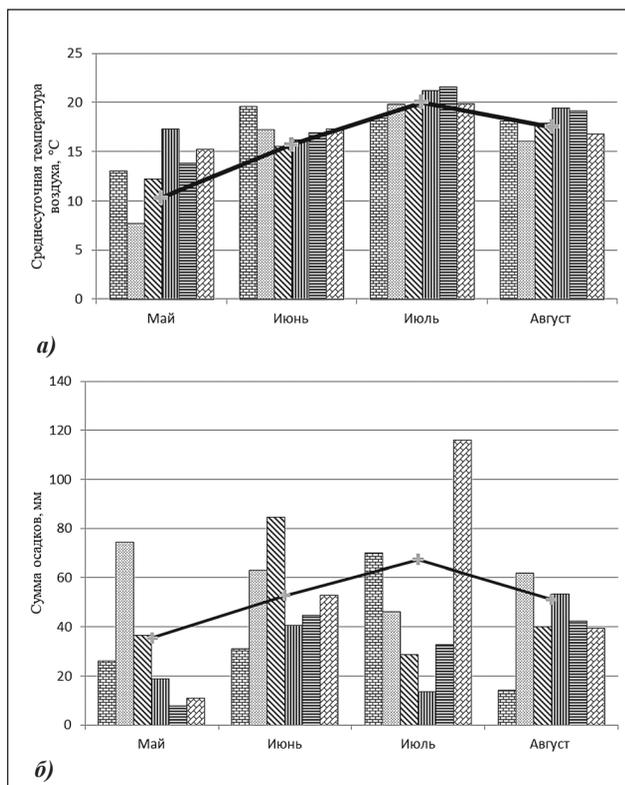


Рис. 1. Метеоусловия вегетационного периода овса в годы проведения исследований (Омская гидрометеорологическая станция): а) среднесуточная температура воздуха; б) сумма осадков: — 2017 г., — 2018 г., — 2019 г., — 2020 г., — 2021 г., — 2022 г., — средне-многолетние данные.

Табл. 1. Характеристика сорта овса Иртыш 33 по ассимиляционной поверхности и накоплению сухой биомассы (среднее за 2017–2022 гг.)

Сорт	Площадь листовой поверхности			Сухая биомасса растения		
	$\bar{x} \pm S_x$, см ² /раст.*	Lim., см ² /раст.	CV, %	$\bar{x} \pm S_x$, г/раст.	Lim., г/раст.	CV, %
Фаза выметывания						
Орион, st.	125,9±18,6	77,1...198,2	37,3	4,1±0,3	3,36...3,50	12,7
Иртыш 33	170,6±31,8	96,6...297,6	48,1	4,7±0,3	3,50...5,66	16,1
НСР ₀₅	10,1			0,4		
Фаза цветения						
Орион, st.	130,9±27,3	67,4...251,2	55,1	4,9±0,3	4,17...5,82	14,5
Иртыш 33	163,5±35,4	79,4...322,4	57,4	5,4±0,5	3,94...7,38	23,0
НСР ₀₅	9,2			0,2		

*здесь и в табл. 2, 3: \bar{x} – среднее значение признака; S_x – абсолютная ошибка; Lim – размах варьирования признака по годам; CV – коэффициент вариации.

ветственно на 0,6 и 0,5 г/раст. Наблюдаемая средняя изменчивость по накоплению сухой биомассы в фазе выметывания у стандарта (CV = 12,7 %), а также в фазах выметывания и цветения у сорта Орион (CV = 16,1 и 14,5 % соответственно) свидетельствует об относительно устойчивом характере накопления сухой биомассы. У сорта Иртыш 33 в фазе цветения наблюдали широкий диапазон варьирования сухой биомассы (Lim = 3,94...7,38 г/раст.) при более значительной изменчивости (CV = 23 %).

Табл. 2. Характеристика сортов овса по фотосинтетической активности и продуктивности в межфазный период выметывание – цветение (среднее за 2017–2022 гг.)

Сорт	Фотосинтетический потенциал			Чистая продуктивность фотосинтеза		
	$\bar{x} \pm S_x$, см ² /раст.×сут.	Lim., см ² /раст.	CV, %	$\bar{x} \pm S_x$, г×см ² /раст.	Lim., г×см ² /раст.	CV, %
Орион, st.	899,2±154,8	505,7...1572,9	44,5	0,013±0,003	0,006...0,023	53,3
Иртыш 33	1175,3±229,7	659,8...2170,0	51,4	0,008±0,002	0,002...0,026	60,0
НСР ₀₅	79,7			0,003		

Интегральный показатель фотосинтеза растений – величина фотосинтетического потенциала (ФП) [13]. У стандартного сорта Орион он находился на уровне 899,2 см²/раст.×сут, что на 276,1 см²/раст.×сут, или 30 % меньше, чем у сорта Иртыш 33 (табл. 2). Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) отражает образование в процессе фотосинтеза органических веществ за вычетом потерь на дыхание [14]. В отличие от ранее рассмотренных критериев, сорт Иртыш 33 по величине этого показателя достоверно уступал стандарту на 0,005 г×см²/раст., или 38 %. Коэффициент вариации ЧПФ и ФП у стандарта Орион была равен соответственно 44,5 % и 53,3 %; у сорта Иртыш 33 – 51,4 и 60,0 %. При этом имеются сведения о том, что ЧПФ может меняться в зависимости от нормы высева [15].

В среднем по сортам зеленая масса овса в фазе выметывания характеризовалась повышенной питательностью: массовая доля белка в этот период составляла 12,7 %, что на 1,1 % выше, чем в фазе цветения (табл. 3). Более высокий сбор белка с единицы площади также отмечен в фазе выметывания (+0,84 т/га по отношению к фазе цветения).

Табл. 3. Характеристика сорта овса Иртыш 33 по урожайности и качеству зеленой массы (среднее за 2017–2022 гг.)

Сорт	Массовая доля белка, %			Сбор белка, т/га	Массовая доля клетчатки, %			Урожайность зеленой массы		
	$\bar{x} \pm S_x$	Lim	CV		$\bar{x} \pm S_x$	Lim	CV	$\bar{x} \pm S_x$, т/га	Lim, т/га	CV, %
Фаза выметывания										
Орион, st.	12,3±1,3	8,1...16,7	25,7	3,74±0,15	30,8±1,3	25,5...34,5	10,4	35,4±6,4	20...54,2	44,3
Иртыш 33	13,1±1,0	9,6...16,3	19,0	4,81±0,21	30,1±1,2	26,5...33,5	9,0	42,7±7,5	24...64,5	43,1
Фаза цветения										
Орион, st.	11,9±0,8	8,8...15,2	17,3	3,38±0,15	27,6±1,5	23,0...31,5	13,6	33,0±4,5	23,6...46,6	33,5
Иртыш 33	11,2±0,8	8,7...13,7	16,8	3,49±0,18	27,3±1,7	20,5...31,0	15,2	36,2±4,1	26,0...48,2	27,8
НСР ₀₅	0,30			0,33	0,6			2,07		

Сорт Иртыш 33 по содержанию белка в зеленой массе в фазе выметывания превосходил стандарт на +0,4 %; в фазе цветения отмечена обратная картина, величина этого показателя у нового сорта была ниже, чем у стандарта, на 0,7 %. Повышенная изменчивость (CV = 25,7 %) массовой доли белка у сорта Орион в фазе выметывания обуславливала формирование более высокой верхней границы содержания белка в его зеленой массе (16,7 %), по сравнению с сортом Иртыш 33 (16,3 %). В остальных случаях изменчивость величина этого показателя была средней (CV = 16,8...19,0 %).

Клетчатка благоприятно влияет на качество продукции крупного рогатого скота. Ее недостаток приводит к накоплению токсинов в организме животного, но избыточное содержание в рационах снижает переваримость кормов [16]. Поэтому необходимо поддерживать баланс концентрации этого компонента в корме. В среднем по сортам в фазе цветения содержание клетчатки составляло 30,5 %, что на 3,0 % ниже, чем в фазе выметывания. Сорт Иртыш 33 характеризовался пониженной концентрацией клетчатки в зеленой массе (на 0,7 %), по отношению к стандарту, как в фазе выметывания, так и в фазе цветения. Изменчивость величины этого показателя в период выметывания была средней (у стандарта – 10,4 %, у сорта Иртыш 33 – 9,0 %), при цветении – значительной (соответственно 13,6 и 15,2 %).

В среднем по исследуемым сортам, урожайность зеленой массы в фазе выметывания составила 39,1 т/га, что на 4,5 т/га, или 11,5 %, выше, чем в фазе цветения. Сбор зеленой массы сорта-стандарта в фазе выметывания находился на уровне 35,4 т/га, в фазе цветения – 33,0 т/га. Урожайность сорта Иртыш 33 достоверно превышала величину этого показателя у стандарта на 7,3 и 3,2 т/га соответственно. Изменчивость признака в обеих фазах была значительной.

По результатам корреляционного анализа данных за 2017–2022 гг. отмечено изменение степени и направления сопряженности показателей ФП и ЧПФ с показателями качества и урожайности зеленой массы, в зависимости от фазы развития (рис. 2). Так, в фазе выметывания отмечена прямая средняя корреляция площади листовой поверхности с накоплением сухой биомассы ($r = 0,417 \pm 0,009$), которая снизилась до слабой отрицательной ($r = -0,175 \pm 0,008$) в фазе цветения, что можно объяснить конкуренцией между этими ростовыми процессами в растении. Площадь листьев в большей мере оказывала влияние на формирование ФП в фазе цветения ($r = 0,464 \pm 0,010$), чем в фазе выметывания ($r = 0,254 \pm 0,005$); противоположную ситуацию наблюдали в паре признаков «площадь листа – ЧПФ» – $r = 0,342 \pm 0,12$ и $0,231 \pm 0,006$ соответственно.

Средняя прямая степень сопряженности ассимиляционной поверхности с массовой долей белка, отмеченная в фазе выметывания ($r = 0,640 \pm 0,19$), в следующей фазе изменилась на среднюю обратную ($r = -0,508 \pm 0,021$). В фазе цветения отмечена отрицательная корреляционная зависимость между содержанием белка и всеми исследуемыми признаками (накопление сухой биомассы, ФП, ЧПФ, урожайность).

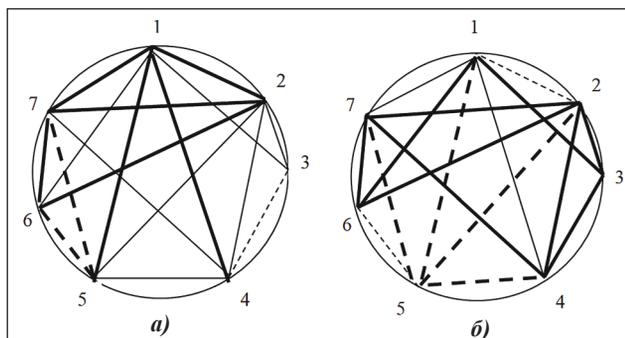


Рис. 2. Сопряженность показателей фотосинтетической активности с показателями урожайности и качества зеленой массы (среднее за 2017–2022 гг.): а) фаза выметывания, б) фаза цветения; 1 – площадь листовой поверхности, 2 – сухая биомасса растения, 3 – фотосинтетический потенциал; 4 – чистая продуктивность фотосинтеза, 5 – содержания белка в зеленой массе, 6 – содержание клетчатки в зеленой массе, 7 – урожайность зеленой массы; — — — — слабая положительная корреляция; - - - - слабая отрицательная корреляция; — средняя положительная корреляция; - · - · - средняя отрицательная корреляция.

Роль накопления сухой биомассы возрастала от выметывания к цветению при формировании таких признаков, как ЧПФ (от $r=0,115\pm 0,009$ до $r=0,601\pm 0,104$ соответственно), массовая доля клетчатки (от $r=0,515\pm 0,023$ до $r=0,684\pm 0,103$) и урожайность (от $r=0,479\pm 0,008$ до $r=0,602\pm 0,015$). Аналогичным образом изменялась роль ЧПФ в формировании урожайности (от $r=0,115\pm 0,004$ до $r=0,419\pm 0,017$) и массовой доли клетчатки (от $r=0,460\pm 0,020$ и $r=0,601\pm 0,051$). Между ФП и ЧПФ также наблюдали изменение степени и направленности связи в процессе роста и развития растений (от $r=-0,282\pm 0,005$ до $r=0,682\pm 0,047$), что может быть вызвано донорно-акцепторными процессами.

Выводы. За период исследований сорт овса пленчатого Иртыш 33 достоверно превосходил стандарт Орион в фазах выметывания и цветения по площади листовой поверхности растений (на 35,5 и 24,9 % соответственно) и накоплению сухой биомассы (на 14,6 и 10,2 %). Фотосинтетический потенциал у нового сорта был больше, чем у стандарта, на 30 %.

Урожайность кормовой массы сорта Иртыш 33 в фазе выметывания превышала величину этого показателя у стандарта на 7,3 т/га, цветения – на 3,2 т/га. При этом массовая доля белка в зеленой массе в фазе выметывания была больше на 0,4 %, сбор белка – на 1,07 т/га, а содержания клетчатки – меньше на 0,7 %.

У сорта Иртыш 33 от выметывания к цветению возрастало влияние накопления сухой биомассы на формирование массовой доли клетчатки (от $r=0,515\pm 0,02$ до $r=0,684\pm 0,103$) и урожайности (от $r=0,479\pm 0,008$ до $r=0,602\pm 0,015$), а также чистой продуктивности фотосинтеза на накопление сухой биомассы (от $r=0,115\pm 0,004$ до $r=0,419\pm 0,017$) и урожайность (от $r=0,460\pm 0,020$ до $r=0,601\pm 0,051$). Средняя прямая степень сопряженности ассимиляционной поверхности листа с массовой долей белка, отмеченная в фазе выметывания ($r=0,640\pm 0,19$), по мере роста и развития растений изменялась на среднюю обратную ($r=-0,508\pm 0,021$).

Литература.

1. Главный межрегиональный центр. Посевные площади, валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур в Российской Федерации. В 2022 году.

URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/29_cx_predv_2022.xlsx (дата обращения: 01.08.2023 г.).

- Кардашина В. Е., Николаева Л. С. Агрэкологическая оценка сортов и перспективных линий овса универсального использования // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 5. С. 56–60. doi: 10.24411/0235-2451-2020-10511.
- Кардашина В. Е. Сравнительная оценка сортов овса уральской селекции и их родительских форм // *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35. № 6. С. 11–14. doi: 10.24411/0235-2451-2021-10602.
- Асеева Т. А., Трифунтова И. Б. Адаптивная реакция сортов и селекционных линий ярового овса в условиях Среднего Приамурья // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36. № 4. С. 22–28. doi: 10.53859/02352451_2022_36_4_22.
- Адаптивность сортов ячменя по признаку «масса 1000 зерен» в условиях лесостепи Омской области / О. А. Юсова, П. Н. Николаев, Н. И. Аниськов и др. // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 2. С. 24–28.
- Оценка продуктивности и адаптивных свойств сортов ярового ячменя в условиях Сибирского Прииртышья / П. В. Поползухин, П. Н. Николаев, Н. И. Аниськов и др. // *Земледелие*. 2018. № 3. С. 40–43.
- Кардашина В. Е., Николаева Л. С. Агрэкологическая оценка сортов и перспективных линий овса универсального использования // *Достижения науки и техники АПК*. 2020. Т. 34. № 5. С. 56–60.
- Любимова А. В., Еремин Д. И. Сортные особенности фотосинтетической активности овса посевного тюменской селекции при внесении минеральных удобрений // *Аграрный вестник Урала*. 2021. № 12. С. 59–76.
- Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса / сост. И. Г. Лоскутов, О. Н. Ковалева, Е. В. Блинова. Изд. 4-е, доп. и перераб. Санкт-Петербург: Гос. науч. учреждение Всероссийский науч.-исслед. ин-т растениеводства им. Н. И. Вавилова, 2012. 63 с.
- Плешков Б. В. Практикум по биохимии растений. М.: Колос, 1985. 256 с.
- Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: Изд-во АН СССР, 1965. 170 с.
- Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 350 с.
- Белкина Р. И., Моисеева К. В., Поляков М. В. Фотосинтетический потенциал и продуктивность сортов яровой пшеницы разных групп спелости в северной лесостепи Тюменской области // *Успехи современной науки*. 2017. Т. 2. № 4. С. 153–156.
- Соловьёв С. В. Приемы ухода за посевами и показатели чистой продуктивности фотосинтеза // *Альманах современной науки и образования*. 2012. № 3. С. 134–136.
- Сортные технологии яровой мягкой пшеницы на дерново-подзолистых почвах / Н. В. Войтович, П. М. Политыко, Е. Ф. Киселёв и др. // *Вестник Брянской ГСХА*. 2019. № 5 (75). С. 23–27.
- Байкалова Л. П., Серебрянников Ю. И. Кормовая продуктивность и питательная ценность сортов костреца безостого в Красноярском крае // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 7 (184). С. 176–185.

Поступила в редакцию 31.08.2023
 После доработки 21.09.2023
 Принята к публикации 24.10.2023