

АГРОНОМИЯ
AGRONOMY

Научная статья

УДК 631.8:633.16:631:559

doi: 10.34655/bgsha.2022.68.3.001

ВЛИЯНИЕ СРОКОВ ПОСЕВА, МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ (ПЛОЩАДЬ ЛИСТЬЕВ) И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ СОРТА ЕМЕЛЯ

Лидия Кузьминична Бутковская¹, Александр Владимирович Бобровский², Оксана Константиновна Крылова³

^{1,2} Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск, Россия

³ Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнёва, Красноярск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Лидия Кузьминична Бутковская, lidabut16@yandex.ru

Аннотация. Цель исследования – выявить влияние сроков посева, минеральных удобрений и средств защиты растений на фотосинтетическую деятельность (площадь листьев) и урожайность ярового ячменя сорта Емеля в условиях Красноярской лесостепи. Исследования проводились в 2020-2021 гг. Предшественник – чистый пар, обработка почвы стандартная для зоны. Повторность опыта – трехкратная, размещение делянок – рендомизированное, учетная площадь – 10 м². Объект исследований – среднепоздний сорт ярового ячменя Емеля. Схема эксперимента предусматривала изучение партий семян ячменя, полученных с неудобренных фонов без использования средств защиты растений (СЗР); с удобренных фонов (N₆₀P₆₀K₆₀ (азофоска) без использования СЗР; с неудобренных фонов с использованием СЗР; с удобренных фонов (N₆₀P₆₀K₆₀ (азофоска) с использованием СЗР. Партии семян были посеяны в разные сроки: 22 мая (оптимальный) и 29 мая (поздний). Применение минеральных удобрений N₆₀P₆₀K₆₀ (азофоска) и средств защиты растений (Примадонна + Зингер) увеличивало площадь листьев по сравнению с контролем на 59,8-86,9 см², оказывало положительное действие на элементы структуры урожая и повышение урожайности сорта, в целом, на 1,17-1,32 т/га больше по сравнению с контролем. Исследование партий семян показало, что посев в оптимальный срок (22 мая) способствовал увеличению биометрических показателей (площадь листовой поверхности, количество листьев, длина колоса и т.д.), благодаря чему урожайность формировалась выше по сравнению с поздним сроком (29 мая) на 1,3-1,5 т/га.

Ключевые слова: ячмень, сроки посева, удобрения, средства защиты растений, фотосинтез, площадь листьев.

INFLUENCE OF THE TIMING OF SOWING, MINERAL FERTILIZERS AND PLANT PROTECTION AGENTS ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY (LEAF AREA) AND YIELD OF SPRING BARLEY OF THE EMELYA VARIETY

Lidiya K. Butkovskaya¹, Alexander V. Bobrovsky², Oksana K. Krylova³

^{1,2}Krasnoyarsk Research Institute of Agriculture - separate division of FIC KSC SB RAS, Krasnoyarsk, Russia

³Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk, Russia

Corresponding author: Lidiya K. Butkovskaya, lidabut16@yandex.ru

Abstract. *The purpose of the study is to identify the influence of the timing of sowing, mineral fertilizers and plant protection agents on photosynthetic activity (leaf area) and the yield of spring barley of the Emelya variety in the Krasnoyarsk forest-steppe. The research was conducted in 2020-2021. For the research a complete fallow area was taken with standard soil cultivation for the zone. Experiment was carried out in triplicate, placement of the plots was random, declared area was 10 m². An object of the research a variety of spring barley Emelya, was used. The scheme of the experiment involved the study of batches of barley seeds obtained from non-fertilized grounds with no usage of plant protection agents (PPA); from fertilized grounds (N₆₀P₆₀K₆₀ (nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer or azophoska) without the use of PPA; non-fertilized grounds with the usage of PPA; from fertilized grounds (N₆₀P₆₀K₆₀ (azophoska) using PPA. Seeds were sown at different dates - May 22nd (optimal) and May 29th (late). Usage of N₆₀P₆₀K₆₀ mineral fertilizers (azophoska) and plant protection agents (Primadonna + Zinger) increased the leaf area compared to the control group by 59.8-86.9 cm², had a positive effect on the elements of the crop structure and was promotive of increasing the yield of the variety by 1.17-1.32 t/ha compared to the control results. A study of seed lots showed that sowing at the optimal time (May 22nd) contributed to an increase of biometric indicators (leaf surface area, number of leaves, spike length, etc.), due to which the yield was higher compared to the late sowing time (May 29th) by 1.3-1.5 tons/ha.*

Keywords: barley, sowing time, fertilizers, plant protection agents, photosynthesis, leaf area.

Введение. В неблагоприятных условиях Красноярского края крайне трудно получить высокий урожай ячменя. Чтобы решить проблему недостатка тепла и влаги, существенно осложняющую производство сельскохозяйственной продукции в основных земледельческих районах края, используется множество технологических приемов: сроки посева, применение минеральных удобрений и средств защиты растений. Они оказывают влияние на фотосинтетическую активность (площадь листьев) и в целом на развитие растений и их рост на всех этапах органогенеза [1, 2].

Научной основой в разработке путей повышения урожайности растений является теория фотосинтетической продуктивности растений, которая наиболее полно и всесторонне освещает различные

вопросы фотосинтеза, формирования урожая и связь этих процессов [3].

В каждой конкретной зоне возделывания растений существует определенный комплекс климатических условий, агротехнических приемов и селекционных мероприятий, способствующих формированию максимального урожая. Урожай является конечным результатом сложной фотосинтетической деятельности растений и определяется, в основном, размерами, продуктивностью и временем работы ассимиляционного аппарата листьев. При изменении условий возделывания культуры прежде всего меняются эти показатели. При рассмотрении срока посева как фактора видно, что существенно различаются по площади только флаговые листья – в ранний срок их площадь больше. Фон

азотных удобрений как фактор оказывает статистически достоверное положительное влияние на все изучаемые показатели [4, 5, 6].

О фотосинтетической деятельности посева можно судить по показателю площади листьев, если он был сформирован в благоприятных условиях. Активность работы ассимиляционной поверхности листьев в течение вегетации характеризуется чистой продуктивностью фотосинтеза (ЧПФ), которая имеет колоссальное влияние на формирование урожайности. В связи с этим изучение ЧПФ проводится в разных почвенно-климатических условиях, что необходимо для выявления факторов, повышающих и лимитирующих продуктивность растений [3].

Продуктивный колос у растений формируется в том случае, если ко второй половине вегетации они сохранили высокую фотосинтетическую функцию и росли в благоприятной среде. Следовательно, можно предположить, что повышение урожайности сорта можно добиться путем улучшения признаков, положительно влияющих на продуктивность фотосинтеза [7].

Цель исследований – выявить влияние сроков посева, минеральных удобрений и средств защиты растений на фотосинтетическую деятельность (площадь листьев) и урожайность ярового ячменя сорта Емеля в условиях Красноярской лесостепи.

Условия и методы исследований. Погодные условия вегетационного периода 2020 года характеризовались достаточной увлажненностью во все месяцы. Количество осадков в июне и июле вышло больше на 53,3 и 83,6 мм в сравнении со среднемноголетними. По распределению температур весна 2020 года оказалась теплой – среднемесячная температура мая составила 14,2 °С, что больше среднемноголетнего значения на 3,2 °С. В июне, июле температура воздуха близка к среднемноголетним.

В 2021 году наблюдался недостаток влаги, особенно в мае и июле, количество осадков было на 13,7 и 28,5 мм ниже среднемноголетней нормы. Количество

осадков в июне превышало среднемноголетние на 58,8 мм. Весна была прохладной, среднемесячная температура мая ниже среднего на 0,5 °С. Летние месяцы были теплыми – среднемесячная температура июня, июля и августа на 1,0-1,7 °С выше среднемноголетних.

Важный показатель, определяющий степень и скорость созревания сельскохозяйственных культур, – сумма активных температур выше 10 °С. В среднем, за 2020-2021 гг. этот показатель составил 1897,4 °С. Такое количество активных температур позволило обеспечить созревание исследуемых сортов зерновых культур. Наряду с хорошей теплообеспеченностью за вегетационный период 2020-2021 гг., в среднем, выпало 261,8 мм осадков. ГТК составил 1,38.

Среднее многолетнее количество осадков за год в регионе – 370 мм. ГТК многолетний – 1,25.

Агротехнические опыты проводились на опытных полях обособленного подразделения КрасНИИСХ в д. Минино. В качестве объекта исследований использовались семена ярового ячменя сорта Емеля.

Предшественник – пар. Учетная площадь делянок – 10 м², повторность – трехкратная. Комплексная послеуборочная обработка зерна проводилась согласно ГОСТ 12036-66. В фазу колошения с площади 0,25 м² были отобраны растительные образцы ярового ячменя для определения массы 1000 зерен, числа зерен в колосе, продуктивного стеблестоя и продуктивной кустистости. Статистическую обработку данных осуществляли по Б.А. Доспехову [8].

Почва опытного участка представлена чернозёмом выщелоченным, маломощным, тяжелосуглинистым, характеризующимся следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 3,8 %, реакция среды нейтральная (рН_{сол.} = 6,4), гидролитическая кислотность – 1,3 мг-экв./100 г, содержание нитратного азота очень низкое – 3,3 мг/кг, подвижного фосфора (по Чирикову) – очень высокое (200-250 мг/кг), калия – высокое (145 мг/кг).

Схема опыта:

а) контроль (без удобрений, без средств защиты растений (СЗР));

б) внесение удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ (азофоска) без СЗР;

в) без удобрений + СЗР (Примадонна + Зингер);

г) внесение удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ + СЗР.

Сроки посева - 22 мая (оптимальный) и 29 мая (поздний).

Результаты исследований и их обсуждение. Применение минеральных удобрений ($N_{60}P_{60}K_{60}$) выявило прибавку урожайности сорта ячменя Емеля в обоих сроках посева на 0,91 - 0,99 т/га (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений и схемы защиты растений на урожайность ярового ячменя сорта Емеля, 2020-2021 гг.

Вариант опыта	Урожайность, т/га		Прибавка, т/га	
	I срок	II срок	I срок	II срок
Без удобрений, без СЗР	3,55	2,13	контроль	контроль
Удобрения без СЗР	4,46	3,12	+ 0,91	+ 0,99
Без удобрений + СЗР	3,64	2,24	+ 0,09	+ 0,11
Удобрения + СЗР	4,87	3,30	+ 1,32	+ 1,17
НСР ₀₅				
Срок	1,1			
Удобрения без СЗР	0,20	0,19		
Удобрения + СЗР	0,20	0,21		

Использование средств защиты растений на удобренных фонах позволило существенно увеличить урожайность в сравнении с контролем на 1,17-1,32 т/га при позднем и оптимальном сроках посева.

Продуктивность культуры является результатом сложной фотосинтетической деятельности растений и определяется, в основном, площадью листьев, размерами колоса и элементами структуры урожая.

У перечисленных элементов структу-

ры в первом сроке посева показатели сформировались выше по сравнению со вторым: число зерен в колосе на 15-18 шт., масса 1000 зерен на 3,0-3,5 г, продуктивный стеблестой на 24-56 шт./м².

Максимальные значения достигались при внесении удобрения ($N_{60}P_{60}K_{60}$) со средствами защиты растений в первом сроке посева (табл. 2). Так, масса 1000 зерен – 41,0 г, число зерен в колосе – 40 шт., продуктивный стеблестой – 756 шт./м².

Таблица 2 – Элементы структуры урожая ярового ячменя сорта Емеля в зависимости от применения удобрений и схем защиты растений, предшественник – чистый пар, 2020-2021 гг.

Вариант	Число зерен в колосе, шт.		Масса 1000 зерен, г		Продуктивный стеблестой, шт./м ²		Продуктивная кустистость	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Срок посева								
Без удобрений, без СЗР	31	19	38,7	35,2	428	372	1,7	1,9
Без удобрений, СЗР	34	19	39,2	36,7	784	744	2,5	2,5
Удобрения без СЗР	40	22	40,7	37,7	448	416	1,4	1,8
Удобрения + СЗР	40	25	41,0	38,4	756	732	1,0	2,4

Увеличение показателей элементов структуры урожая определило наибольшую продуктивность варианта «удобре-

ния + СЗР» (4,87 т/га).

В течение вегетационного периода проводились исследования биометричес-

ких показателей (табл. 3) растений ячменя (число и площадь листьев, длина колоса, количество колосьев, вегетативная масса растения), которые в оптимальный срок посева (22 мая) сформировались выше по сравнению с поздним (29 мая).

Фон азотных удобрений как фактор также оказал положительное влияние на все изучаемые показатели.

В фазе кущения в контрольном вари-

анте количество листьев составило в среднем 3-4 шт., площадь листовой поверхности – 30,9-35,4 см². Использование комплексного удобрения (азофоски) увеличило количество листьев на 6 штук, при этом площадь листовой поверхности воз- растала в два раза, максимальное значение отмечено на удобренном фоне с использованием СЗР при первом сроке посева – 82,9 см².

Таблица 3 – Биометрические показатели растений ячменя сорта Емеля в зависимости от применения минеральных удобрений и средств защиты, чистый пар (в среднем с одного растения) 2020-2021 гг.

Вариант опыта	Кол-во листьев, шт.		Площадь листовой поверхности, см ²		Длина колоса, см		Число колосьев, шт. с 1 растения		Высота растений, см		Вегет-ая масса, г/0,25 м ²	
Фаза кущения												
Срок посева	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Без удобрений, без СЗР	4	3	35,4	30,9	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ , без СЗР	6	6	72,9	69,0	-	-	-	-	-	-	-	-
СЗР, без удобрений	5	6	44,6	36,6	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + СЗР	7	7	82,9	75,2	-	-	-	-	-	-	-	-
НСР ₀₅	1,7	1,9	16,4	17,5	-	-	-	-	-	-	-	-
Фаза колошения												
Контроль	9	7	90,5	82,3	5,6	5,7	3	3	70	70	342	210
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ , без СЗР	13	12	177,4	165,1	6,8	8,6	6	5	92	90	537	481
СЗР, без удобрений	10	9	99,0	95,6	6,5	6,2	4	3	79	76	303	235
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + СЗР	13	12	160,1	155,4	9,8	9,2	6	5	99,6	99,3	617	523
НСР ₀₅	2,0	2,5	20,4	21,7	1,2	1,2	0,8	0,8				

В фазу колошения сохраняется тенденция к увеличению биометрических показателей от удобрений и совместного применения средств защиты растений: количество листьев больше на 3-5 шт. по сравнению с контролем, площадь листовой поверхности – на 59,8-86,9 см², длина колоса – на 1,2 – 3,3 см, число колосьев на 2-3 шт., высота растений на 20-23,3 см, вегетативная масса на 195-314 г обоих сроках посева.

Заключение. Применение минеральных удобрений N₆₀P₆₀K₆₀ (азофоска) и средств защиты растений (Примадонна + Зингер) влияли на характер формирования листовой поверхности ячменя Емеля, увеличивая площадь листьев, по сравнению с контролем, на 59,8-86,9 см², а также оказало положительное влияние на элементы структуры урожая и на повышение урожайности (на 1,17-1,32 т/га по сравнению с контролем) сорта в целом.

При оптимальном сроке посева

(22 мая) увеличивались биометрические показатели (площадь листовой поверхности, количество листьев, длина колоса и т.д.) формировалась урожайность выше по сравнению с поздним сроком (29 мая) на 1,3-1,5 т/га.

Таким образом, сроки посева, минеральные удобрения и средства защиты растений оказали влияние на фотосинтетическую деятельность (площадь листьев) и в целом на рост и развитие растений.

Список источников

1. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях Красноярской лесостепи / А.В. Бобровский, Л.В. Плеханова, А.А. Крючков, Т.А. Сныткова, Н.С. Герасимова // Достижение науки и техники АПК. 2018. № 5. С. 23-25. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10505
2. Романов В. Н., Демиденко Г. А. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы при использовании азотных удобрений в агроценозах Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2020. № 4. С. 31–36. doi: 10.36718/1819-4036-2020-4-31-36
3. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности / В кн.: Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. Москва, 1972. С. 511-527.
4. Нестеренко В.А., Лапушкин В.М. Влияние обеспеченности почв подвижным фосфором и доз азотных удобрений на формирование урожая и качества яровой пшеницы // Агрехимический вестник. 2021. № 1. С. 38-42. doi: 10.24412/1029-2551-2021-1-007
5. Butkovskaya L.K., Kozulina N.S. Sowing time and seeding rate in the new wheat varieties cultivation for seeds // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 839 2021, № 04, 2012. doi:10.1088/1755-1315/839/4/042012
6. Piggin C., Haddad A., Khalil Y., Loss S., Pala M. Effects of tillage and time of sowing on bread wheat, chickpea, barley and lentil grown in rotation in rainfed systems in Syria // Field Crops Res. 2015, 173, pp. 57-67. doi: 10.1016/j.fcr.2014.12.014
7. Мальчиков П.Н. Система взаимоотношений фотосинтеза, ростовых процессов и потребления минеральных веществ при формировании генотипических различий урожайности яровой твердой пшеницы // Достиже-

ния науки и техники АПК. 2009. № 7. С. 21-25

8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва : Агропромиздат, 1985. 240 с.

References

1. Bobrovsky A.V., Plekhanova L.V., Kryuchkov A.A., Snytkova T.A., Gerasimova N.S. Impact of mineral fertilizers on the yield and quality of spring wheat grain in the conditions of the Krasnoyarsk forest-steppe. *Achievement of science and technology of the agro-industrial complex*. 2018;5:23-25. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10505 (In Russ.).
2. Romanov V.N., Demidenko G.A. Yield and quality of spring wheat grain when using nitrogen fertilizers in agroecosystems of the Krasnoyarsk forest-steppe. *Bulletin of KrasSAU*. 2020;4:31-36. doi: 10.36718/1819-4036-2020-4-31-36 (In Russ.).
3. Nichiporovich A.A. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rastenij i puti povysheniya ih produktivnosti [Photosynthetic activity of plants and ways to increase their productivity]. *In book: Theoretical foundations of photosynthetic productivity*. Moscow. 1972. Pp. 511-527 (In Russ.).
4. Nesterenko V.A., Lapushkin V.M. Impact of soil availability with mobile phosphorus and doses of nitrogen fertilizers on crop formation and spring wheat quality. *Agrochemical Bulletin*. 2021;1:38-42. doi: 10.24412/1029-2551-2021-1-007 (In Russ.).
5. Butkovskaya L.K., Kozulina N.S. Sowing time and seeding rate in the new wheat varieties cultivation for seeds. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 839 2021, № 04, 2012. doi:10.1088/1755-1315/839/4/042012
6. Piggin C., Haddad A., Khalil Y., Loss S., Pala M. Effects of tillage and time of sowing on bread wheat, chickpea, barley and lentil grown in rotation in rainfed systems in Syria. *Field Crops Res*. 2015;173:57-67. doi: 10.1016/j.fcr.2014.12.014
7. Malchikov P.N. System of relationships of photosynthesis, growth processes and consumption of mineral substances in the formation of genotypic differences in the yield of spring hard wheat. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2009;7:21-25 (In Russ.).
8. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta [Field experience methodology]. Moscow. Agropromizdat, 1985. 240 p. (In Russ.)

Информация об авторах

Лидия Кузьминична Бутковская – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории первичного семеноводства;

Александр Владимирович Бобровский – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории сортовых агротехнологий, alexandr_bobrovski@mail.ru;

Оксана Константиновна Крылова – кандидат технических наук, доцент, kryilova_ok@mail.ru

Information about the authors

Lidiya K. Butkovskaya – Candidate of Science (Agriculture), Leading staff scientist, Primary Seed Production Laboratory;

Alexander V. Bobrovsky – Candidate of Science (Agriculture), Leading researcher, Laboratory of long-range agricultural technologies, alexandr_bobrovski@mail.ru;

Oksana K. Krylova – Candidate of Science (Technical), Associate professor, kryilova_ok@mail.ru

Статья поступила в редакцию 23.06.2022; одобрена после рецензирования 16.07.2022; принята к публикации 05.08.2022.

The article was submitted 23.06.2022; approved after reviewing 16.07.2022; accepted for publication 05.08.2022.