

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2025. № 3 (80). С. 14–23.
Buryat Agrarian Journal. 2025;3(80):14–23.

Научная статья
УДК 633.11:631.8 (571.61)
doi: 10.34655/bgsha.2025.80.3.002

Фотосинтетическая деятельность посевов яровой пшеницы в зависимости от способов применения микроудобрений

Сергей Алексеевич Фокин¹, Ирина Викторовна Куркова²

^{1,2}Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия
¹fok.s.a@mail.ru,
²kurkova10@inbox.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по влиянию микроудобрения молибдат аммония на продуктивность яровой пшеницы. Цель исследования – изучить продуктивность и формирование фотосинтетического аппарата растений яровой мягкой пшеницы сорта ДальГАУ 1 в зависимости от способов применения молибдата аммония. Исследования проводились в 2017-2021 гг. на опытном поле отдела семеноводства ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ Благовещенского муниципального округа Амурской области. Объектом исследования являлся сорт яровой пшеницы ДальГАУ 1, районированный в 2005 году по Дальневосточному региону. Определено, что предпосевная обработка семян микроудобрением способствовала повышению полевой всхожести на 11,3 – 14,2 % по сравнению с контрольным вариантом. Выявлено, что площадь листовой поверхности изменялась в зависимости от погодных условий в зависимости от варианта опыта и фазы роста и развития растений яровой пшеницы. Наиболее продуктивным отмечен вариант с применением молибдата аммония при обработке семян и по вегетации, который положительно повлиял на продуктивность листовой пластинки как главного фотосинтезирующего органа растений и, как следствие, на данном варианте, в среднем, за 5 лет получена максимальная урожайность 28,4 ц/га, что превысило контроль без применения удобрений на 6,0 ц/га. По результатам дисперсионного анализа установлено, что применение микроудобрения молибдат аммония на всех вариантах опыта влияет на продукционные процессы и достоверно повышает урожайность яровой мягкой пшеницы. При проведении корреляционного анализа отмечена высокая прямая корреляционная зависимость урожайности от площади листовой поверхности растений изучаемого сорта ($r = 0,93-0,97$).

Ключевые слова: яровая пшеница, полевая всхожесть, фаза кущения, фаза выхода в трубку, фаза колошения, фаза молочной спелости, микроудобрение, молибдат аммония, урожайность.

Original article

Photosynthetic activity of spring wheat crops depending on the methods of microfertilizers application

Sergey A. Fokin¹, Irina V. Kurkova²

^{1,2}Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia
¹fok.s.a@mail.ru,
²kurkova10@inbox.ru

Abstract. The article presents the results of studies on the effect of the ammonium molybdate microfertilizer on the productivity of spring wheat. The purpose of the research is to study the productivity and formation of the photosynthetic apparatus of plants of the spring soft wheat of DalGAU 1 variety depending on the methods of the ammonium molybdate usage. The studies were carried out from 2017 till 2021, at the experimental field of the seed production department of the Far Eastern State Agrarian University of the Blagoveshchensk Municipal District of the Amur Region. The object of the study was DalGAU 1 variety of the spring wheat, released in 2005 for the Far Eastern region. It was found out that pre-sowing seed treatment with the microfertilizer contributed to an increase in field germination by 11.3 – 14.2% compared to the control. It was revealed that the leaf surface area changed depending on weather conditions, depending on the experimental variant and the growth and development phase of spring wheat plants. The most productive option was the one with the use of ammonium molybdate during seed treatment and during the growth period, which had a positive effect on the productivity of a leaf blade as the main photosynthetic part of a plant; as a result, on average, the maximum yield was obtained in this variant over 5 years and equaled to 28.4 dt/ha, which exceeded the control without the use of fertilizers by 6.0 dt/ha. According to the results of the dispersion analysis, it was found out that the use of the ammonium molybdate microfertilizer in all versions of the experiment significantly influenced the production processes and increased the crop productivity of spring soft wheat. After a correlation analysis, a high direct correlation dependence of the yield productivity and the leaf surface area of plants of the studied variety was noted ($r = 0.93-0.97$).

Keywords: spring wheat, field germination, tillering phase, shooting phase, earing phase, milk-ripe phase, micronutrient, ammonium molybdate, crop productivity.

Введение. Яровая пшеница является одной из ключевых зерновых культур в мировой аграрной практике, обеспечивая значительную часть продовольственного баланса. Для достижения максимальной урожайности важно создавать оптимальные условия на всех этапах её выращивания – от посева до уборки, что требует комплексного подхода и эффективного управления всеми компонентами производственного процесса [1].

Ключевым фактором, определяющим продуктивность яровой пшеницы, является фотосинтез – биохимический процесс преобразования солнечной энергии в органические соединения, в первую очередь, углеводы. Листовой аппарат играет важную роль не только как «солнечная батарея», но и как транспортная система, распределяющая синтезированные сахара по всему растению. Размер и здоровье листовой поверхности напрямую влияют на интенсивность фотосинтеза, что в конечном итоге отражается на урожайности [2, 3, 4].

Однако фотосинтез – лишь первый этап сложного метаболического процесса. Внутри растения протекает множество биохимических реакций, объединенных

понятием метаболизма, который включает анаболизм и катаболизм. Образующиеся в результате фотосинтеза органические вещества выступают строительным материалом для клеток, тканей, а также формируют колос с зерном. Эффективность использования этих веществ зависит от генетического потенциала сорта, условий окружающей среды и агротехнических приёмов [5, 6].

Современное растениеводство активно ищет пути повышения эффективности фотосинтеза и оптимизации использования органических веществ. Среди методов – применение удобрений, регуляторов роста, бактериальных препаратов и совершенствование агротехники, все это способствует раскрытию потенциала культуры и стабильному получению высоких урожаев [7, 8].

Исследование процессов формирования и функционирования фотосинтетического аппарата актуально, поскольку увеличение фотосинтетической активности прямо влияет на продуктивность растений. Важными биометрическими показателями высокопродуктивных посевов являются площадь листовой поверхности и сухая биомасса, которые зависят от

погодных условий и агротехнологий [9]. Эффективность фотосинтеза оценивается по таким показателям, как скорость развития фотосинтетического аппарата и его продолжительность. Одним из ключевых показателей является коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{хоз}$), который характеризует долю продуктов фотосинтеза, направленных на формирование урожая. Для зерновых значений $K_{хоз}$ варьируют от 25 до 55%, что подчеркивает необходимость оптимизации агротехники, в том числе за счёт применения удобрений для увеличения оттока ассимилянтов в зерно [10].

Удобрения играют важную роль в повышении урожайности: их правильное использование способствует стимулированию фотосинтетической активности, улучшая развитие ассимиляционной поверхности и обеспечивая необходимые условия для активного роста растений. Важным фактором является развитие ассимиляционной поверхности, её уровень в период интенсивного роста рекомендуется держать на уровне 30-40 тыс. м²/га, что обеспечивает достаточное поступление солнечной энергии для фотосинтеза [11].

Климатические условия и уровень солнечного излучения существенно влияют на эффективность фотосинтеза. Поглощение солнечной энергии листьями растений определяет потенциал формирования урожая, и мониторинг развития ассимиляционной поверхности позволяет своевременно корректировать агротехнологии для повышения урожайности [8].

Таким образом, комплексное понимание процессов фотосинтеза и метаболизма, а также применение современных агротехнологий, позволяет максимально раскрывать генетический потенциал яровой пшеницы и обеспечивать стабильные высокие урожаи, что является важной задачей современного сельского хозяйства и продовольственной безопасности.

Цель исследования – изучить продуктивность и формирование фотосинтетического аппарата растений яровой мягкой пшеницы сорта ДальГАУ 1 в зависимости от способов применения молибда-

та аммония.

Объекты и методы. Исследования проводились на опытном поле Дальневосточного государственного аграрного университета (с. Грибское, Благовещенский муниципальный округ) в период с 2017 по 2021 год. Схема опыта включала 7 вариантов: контроль, $N_{30}P_{30}$ (фон), по фоновому применению азотно-фосфорных удобрений проводилась обработка семян молибдатом аммония, совместное применение молибдата аммония при обработке семян и применения по вегетации в фазу кущения, молибдата аммония при обработке семян и по вегетации хелата меди, а также варианты с применением молибдата аммония и хелата меди по вегетирующим растениям.

Площадь учета – 16,0 м², четырёхкратная повторность. Обработку семян раствором молибдата аммония изучаемого сорта пшеницы ДальГАУ 2 обрабатывали из расчета 0,3 кг/ц семян. Обработка вегетирующих растений молибдатом аммония (0,2 кг/га) и хелатом меди в формате ЭДТА (0,3 кг/га) в фазу кущения с учетом расхода рабочего раствора, равного 200 л/га совместно с гербицидной обработкой.

В период вегетации определялась полевая всхожесть растений, площадь листьев в фазы: кущение, выход в трубку, колошение и молочная спелость, учет урожая. Все учеты и наблюдения проводились по общепринятым методикам.

За период проведения полевого эксперимента погодные условия преимущественно характеризовались переувлажнением и отличались по температурному режиму и количеством осадков за вегетационный период яровой пшеницы. При расчете гидротермического коэффициента (ГТК) за годы полевых исследований получено, что 2017, 2018 и 2021 годы характеризовались удовлетворительным увлажнением (ГТК – 1,6; 1,8 и 1,5 соответственно), а 2019 и 2020 годы – переувлажненными (ГТК – 2,4 и 3,1 соответственно) [12].

Результаты исследования. Урожайность любой сельскохозяйственной

культуры зависит от числа растений на единицу площади и их продуктивность. Первая составляющая структуры урожайности в значительной степени определяется полевой всхожестью семян. Изреженный посев, так же, как и загущенный, исключает возможность получения высоких урожаев. Полевая всхожесть семян – комплексный показатель, зависящий не только от посевных качеств семян, но и от экологических, агротехнических и дру-

гих факторов [13,14].

Пятилетние исследования влияния молибдата аммония на полевую всхожесть яровой пшеницы показали результаты, которые зависят от способа применения данного удобрения. В среднем, обработка семян молибдатом аммония обеспечила полевую всхожесть на 72,8%, что выше относительно контрольного и фонового варианта на 14,2 и 14,9% соответственно (табл.1).

Таблица 1 – Влияние способов применения микроудобрений на полевую всхожесть яровой пшеницы, % (2017-2021 гг.)

Вариант	Год					Среднее за 5 лет	Отклонение ± от	
	2017	2018	2019	2020	2021		контроля	фона
Контроль	52,8	59,2	60,6	57,0	63,3	58,6	-	-
N ₃₀ P ₃₀	53,9	58,3	49,6	63,4	64,5	57,9	-0,7	-
Mo – обработка семян	50,6	71,3	74,2	92,0	75,7	72,8	+14,2	+14,9
Mo – обработка семян + Mo – применение по вегетации (фаза кущения-флаг. л)	73,8	68,9	65,9	81,4	67,5	71,5	+12,9	+13,6
Mo – обработка семян + Cu – применение по вегетации (фаза кущения-флаг. л)	75,2	59,8	62,1	74,3	78,3	69,9	+11,3	+12,0
Mo – применение по вегетации (фаза кущения-флаг. л)	50,6	63,2	76,4	66,0	64,3	64,1	+5,5	+6,2
Cu – применение по вегетации (фаза кущения -флаг. л)	65,3	69,4	65,1	63,6	64,5	65,6	+7,0	+7,7
HCP ₀₅						15,4		

Важно отметить, что эффективность препарата напрямую связана со временем его внесения. Наименьший прирост полевой всхожести – 5,5% по сравнению с контролем, наблюдался при обработке вегетирующих растений в фазу кущения-флаг. л. Это объясняется тем, что в этот период развития пшеницы потребность в молибдене несколько снижается, так как основные процессы формирования корневой системы уже завершены. Молибден, являясь микроэлементом, играет ключевую роль в азотном обмене растений, участвуя в процессах нитратредукции. Эффективность внекорневой под-

кормки в поздние фазы развития пшеницы ограничена уже сложившейся физиологической структурой растения. Наибольший положительный эффект – 14,2% больше контрольного варианта был зафиксирован при обработке семян молибдатом аммония. Это связано с тем, что обработка семян обеспечивает непосредственный контакт препарата с прорастающим семенем, стимулируя более раннее и энергичное прорастание, а также улучшая развитие корневой системы на ранних этапах онтогенеза.

Наибольшая полевая всхожесть наблюдалась в 2020 году на варианте с при-

менением молибдата аммония при обработке семян – 92,0%. В остальные годы она составила от 71,3 до 78,3%.

Следует отметить, что в последние годы в физиологических и агрохимических исследованиях при оценке сортов все чаще используют показатель площади листьев и их производительность с точки зрения формирования урожая. Площадь листьев является одним из важных показателей фотосинтеза, определяющих продуктивность растений. Этот показатель как динамичный признак непрерывно из-

меняется в ходе онтогенеза растений [16].

В результате наших исследований было установлено влияние от способов применения жидких удобрений на формирование площади листьев сорта яровой пшеницы ДальГАУ 1 и величину его урожая.

В фазу кущения площадь листьев у яровой пшеницы в среднем за годы исследований варьировала от 4,6 на контроле до 8,9 тыс. м²/га на варианте с применением молибдата аммония при обработке семян и по вегетации (рис. 1).

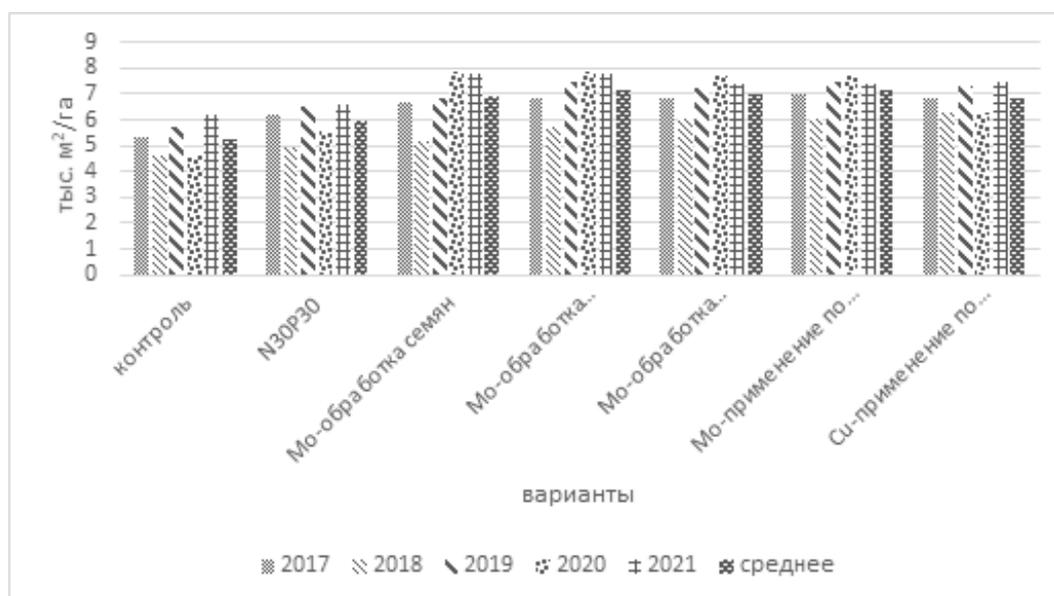


Рисунок 1. Влияние способов применения микроудобрений на площадь листовой поверхности яровой пшеницы в фазу кущения, тыс. м²/га

Также на варианте с применением молибдата аммония при обработке семян и по вегетации в 2019-2021 годах отмечалась наибольшая площадь листьев в данную фазу 7,5, 7,8 и 7,9 тыс. м²/га соответственно. В 2020 и 2021 году положительное влияние на площадь листьев оказал вариант с применением молибдата аммония при обработке семян (7,9 и 7,8 тыс. м²/га).

В фазу выхода в трубку площадь листовой поверхности, в среднем, за 5 лет увеличивалась по вариантам с применением микроудобрений относительно контрольного варианта от 3,5 на варианте с применением молибдата аммония при обработке семян до 4,2 тыс. м²/га на варианте с предпосевной обработкой и опрыскиванием растений по вегетации дан-

ном микроудобрением (рис. 2).

Максимальные значения площади листовой поверхности изучаемого сорта яровой пшеницы в данную фазу роста и развития были в 2021 году и отмечены на вариантах с применением молибдата аммония при обработке семян и по вегетации – 16,4 тыс. м²/га; совместно молибдата аммония при обработке семян и хелата меди по вегетации и молибдата аммония по вегетации – 15,8 тыс. м²/га, что превысило контрольный вариант без применения удобрений на 5,8 и 5,2 тыс. м²/га соответственно варианту.

Наибольшего значения во всех вариантах опыта и по годам исследования изучаемый показатель достигал в фазу колосшения (рис. 3).

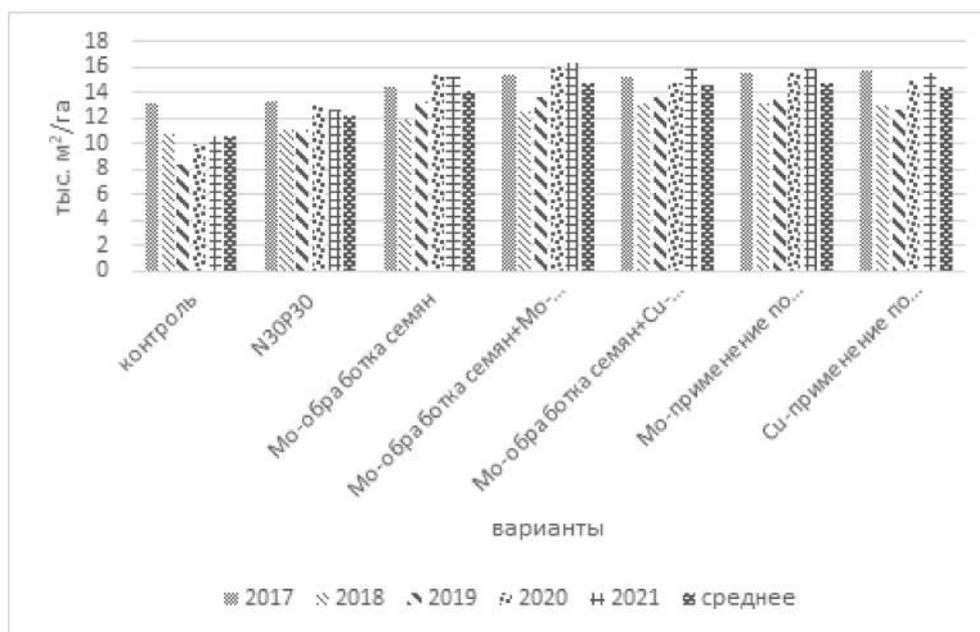


Рисунок 2. Влияние способов применения микроудобрений на площадь листовой поверхности яровой пшеницы в фазу выхода в трубку, тыс. м²/га

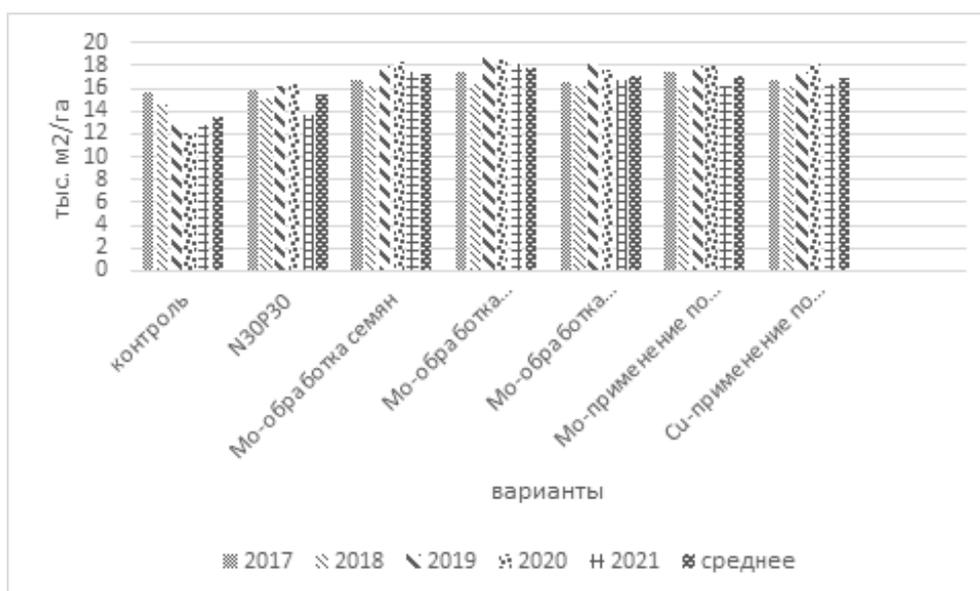


Рисунок 3. Влияние способов применения микроудобрений на площадь листовой поверхности яровой пшеницы в фазу колошения, тыс. м²/га

В среднем, за 5 лет отмечена максимальная площадь листа 17,8 тыс. м²/га на варианте с применением молибдата аммония при обработке семян и по вегетации.

Наибольшие показатели изучаемого показателя отмечены в 2021 году. Наиболее продуктивным в данный год исследования был вариант с применением молибдата аммония при обработке семян и по вегетации – 18,7 тыс. м²/га, что выше относительно контрольного варианта на 6,6 и фон на 2,3 тыс. м²/га.

В фазу молочной спелости зерна пло-

щадь листьев снижается вследствие старения и отмирания листьев. В результате наших исследований в данную фазу максимальная площадь листа, в среднем, за пять лет составила 15,6 тыс. м²/га на вариантах с применением молибдата аммония при обработке семян и по вегетации и отдельно по вегетации (рис. 4).

Наибольшая площадь листьев по годам исследований сформировалась на всех вариантах, кроме контроля и N₃₀P₃₀ (фон) в 2019 году.

Следовательно, в среднем, за пять

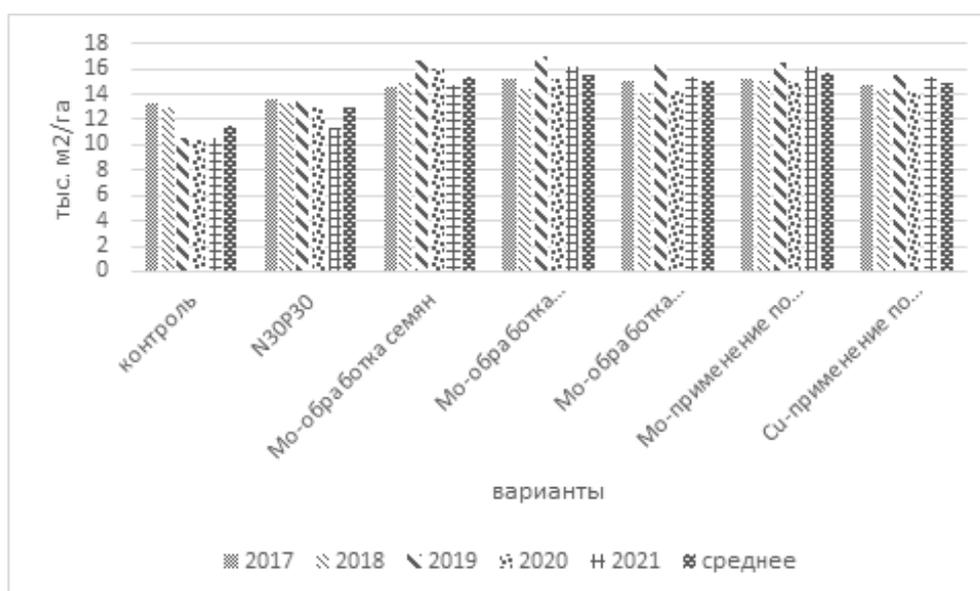


Рисунок 4. Влияние способов применения микроудобрений на площадь листовой поверхности яровой пшеницы в фазу молочной спелости, тыс. м²/га

лет исследований площадь листьев яровой пшеницы сорта ДальГАУ 1 непрерывно менялась на протяжении всего вегетационного периода. Сначала она интенсивно возрастала, достигала максимальных значений в фазу колошения (17,0-17,8 тыс. м²/га), а затем в силу старения и отмирания листьев вновь снижалась (в фазу молочной спелости – 14,8-15,6 тыс. м²/га).

При проведении корреляционного анализа отмечена зависимость между площадью листьев и урожайностью в разные фазы роста и развития яровой пшеницы сорта ДальГАУ 1. Коэффициенты корреляции достигали значений 0,93-0,97 – связь положительная достоверная (табл. 2).

Таблица 2 – Корреляционная зависимость между урожайностью и площади листа по фазам развития

	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочная спелость
Урожайность	0,93	0,93	0,97	0,94

Урожайность яровой пшеницы в среднем за пять лет колебалась от 22,4 на контроле без применения удобрений до 28,7

ц/га на варианте с применением молибдата аммония при обработке семян и по вегетации (табл. 3).

Таблица 3 – Влияние способов применения микроудобрений на урожайность зерна пшеницы, ц/га (2017-2021 гг.)

Вариант	Год					Среднее по годам	Отклонение ± от	
	2017	2018	2019	2020	2021		контроля	фона
Контроль	27,5	24,3	20,6	22,1	17,6	22,4	-	-
N ₃₀ P ₃₀	33,6	26,5	20,8	24,8	20,7	25,3	+2,9	-
Mo – обработка семян	35,4	27,3	24,9	29,1	22,1	27,8	+5,4	+2,5

Mo – обработка семян + Mo – применение по вегетации (фаза кущения-флаг. л)	36,0	28,0	26,3	29,0	22,6	28,4	+6,0	+3,1
Mo – обработка семян + Cu - применение по вегетации (фаза кущения-флаг. л)	34,1	27,3	24,9	29,4	22,9	27,7	+5,3	+2,4
Mo – применение по вегетации (фаза кущения-флаг. л)	35,2	26,7	24,1	27,6	23,0	27,3	+4,9	+2,0
Cu – применение по вегетации (фаза кущения -флаг. л)	34,4	26,9	21,4	28,1	22,6	26,7	+4,3	+1,4
НСР ₀₅	2,7	1,6	3,0	2,5	1,4	2,3		

Минимальная прибавка, в среднем, за пять лет составила на варианте с применением по вегетации хелата меди – 4,3 ц/га относительно контрольного и 1,4 ц/га фонового вариантов.

Наибольшая урожайность по годам исследования отмечена в 2017 году. Максимальное значение данного показателя отмечено на варианте с применением молибдата аммония при обработке семян и по вегетации – 36,0 ц/га, где прибавка относительно контроля выше на 8,5 ц/га и фонового варианта на 2,4 ц/га. Наименьшие урожайности за годы исследований по вариантам опыта отмечались в 2021 году.

Заключение. Пятилетние исследования яровой пшеницы показали, что обработка семян молибдатом аммония влияет на ее продуктивность и жизнеспособность. Максимальная полевая всхожесть, достигшая 72,8% в среднем за весь период наблюдений, была зафиксирована именно в варианте с применением этого препарата. В период всходов наблюдалась более высокая энергия прорастания, что выражалось в более быстрой скорости появления всходов и более высокой их густоте по сравнению с контрольным вариантом.

Площадь листовой поверхности растений является одним из ключевых пока-

зателей фотосинтетической активности и, следовательно, потенциальной урожайности, значительно варьировала в зависимости от погодных условий каждого года исследований. В среднем за весь период наблюдений, вариант с применением молибдата аммония как при обработке семян, так и в качестве внекорневой подкормки показывал наибольшую площадь листовой поверхности на всех этапах развития растения.

Анализ полученных данных выявил очень высокую прямую корреляционную зависимость между общей площадью листовой поверхности растений на протяжении всего онтогенеза и конечной урожайности зерна. Коэффициент корреляции (r) варьировал от 0,93 до 0,97, что подтверждает сильную взаимосвязь между этими показателями. Это означает, что увеличение площади листьев напрямую приводит к повышению продуктивности.

Проведенные исследования убедительно демонстрируют высокую эффективность применения молибдата аммония для повышения урожайности яровой пшеницы, которая, в среднем, за 5 лет составила 28,4 ц/га. Комплексный подход, включающий обработку семян и внекорневые подкормки, обеспечивает максимальный эффект, стимулируя как всхожесть, так и рост растений, что в конеч-

ном итоге приводит к существенному увеличению урожая. Однако, необходимо учитывать влияние погодных условий, кото-

рые могут оказывать значительное влияние на площадь листовой поверхности и, соответственно, на урожайность.

Список источников

1. Васин А.В., Васин В.Г., Стрижаков А.О. Формирование агрофитоценоза и продуктивность яровой твёрдой пшеницы при применении минеральных удобрений // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки. 2022. Т. 1. № 4(4). С. 11-19. doi: 10.37313/2782-6562-2022-1-4-11-19. EDN: IFMEPD

2. Night warming at the vegetative stage improves pre-anthesis photosynthesis and plant productivity involved in grain yield of winter wheat / Yonghui Fan, Zhaoyan Lv, Boya Qin et al. // *Plant Physiology and Biochemistry*. 2022. Vol. 186. P. 19–30. doi: 10.1016/j.plaphy.2022.06.015

3. Leaf photosynthesis traits and associations with biomass and drought tolerance in amphidiploid and ancestral wheat genotypes / Mahmood Y.A., DeSilva J., King I.P., King J., Foulkes M.J. // *European Journal of Agronomy*. 2023. Vol. 147. P. 126846. doi:10.1016/j.eja.2023.126846

4. Карпова Г.А., Теплицкая Д.Г. Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтез растений яровой мягкой пшеницы Экада 113 при использовании регуляторов роста // Тенденции развития науки и образования. 2019. № 52-4. С. 93-95. doi: 10.18411/lj-07-2019-89. EDN: VVTHAE

5. Коготько Е.И. Особенности продукционных процессов сортов яровой пшеницы при различных схемах удобрения // Земледелие и селекция в Беларуси. 2023. № 59. С. 87-95. EDN: TYNDVS

6. Интенсивность фотосинтеза листьев у растений озимой пшеницы / А.В. Амелин, Е.И. Чекалин, В.В. Заикин, Р.А. Икусов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 9. С. 41-48. EDN: NUQFAJ

7. Feeding the world: improving photosynthetic efficiency for sustainable crop production / Andrew J. Simkin, Patricia E. Lypez-Calcano and Christine A. Raines. // *Journal of Experimental Botany*. 2019. Vol. 70. No. 4. P. 1119–1140. doi: 10.1093/jxb/ery445. EDN: XBGXNB

8. Отзывчивость сортов яровой мягкой пшеницы на азотное удобрение и связь ее с коэффициентом хозяйственной эффективности фотосинтеза / И.И. Берестов, Е.Л. Долгова, Р.В. Мельников и др. // Земледелие и селекция в Беларуси. 2015. № 51. С. 110-116. EDN: RYYUPL

9. Левин А.А. Формирование ассимиляционного аппарата растений яровой пшеницы в зависимости от элементов технологии возделывания // Сурский вестник. 2022. № 2(18). С. 20-24. doi: 10.36461/2619-1202_2022_02_004. EDN: HMXVHE

10. Гриб С.И., Берестов И.И., Мельников Р.В. Коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза и урожайность сортов пшеницы яровой мягкой при разном уровне азотного питания // Земледелие и селекция в Беларуси. 2017. № 53. С. 91-97. EDN: XUTROX

11. Влияние удобрений на фотосинтетическую деятельность посевов яровой пшеницы в различных агроландшафтных условиях / Л.И. Петрова, А.Е. Артемьев, Н.К. Первушина, В.Н. Лапушкина // *Зерновое хозяйство России*. 2016. № 4. С. 49-52. EDN: WLASWB

12. Фокин С.А. Влияние способов применения молибдата аммония и хелата меди на показатели качества зерна яровой пшеницы // Вестник КрасГАУ. 2023. № 3(192). С. 35-42. doi: 10.36718/1819-4036-2023-3-35-42. EDN: KWRHVJ

13. Захарова Н.Н., Захаров Н.Г. Посевные качества и полевая всхожесть семян яровой мягкой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 4(36). С. 17-23. doi: 10.18286/1816-4501-2016-4-17-23. EDN: XGRWTR

14. Юнусова С.С., Ахунов Т.И. Влияние полевой всхожести на свойства потока семян, статистические характеристики потока семян // *Peasant*. 2022. Т. 95. № 2. С. 83-87. EDN: BLBZJG

15. Саксанова Н.А. Показатели фотосинтеза и фотосинтетическая деятельность сортов пшеницы в условиях резко континентального климата Северного Таджикистана // *Использование природных ресурсов, экология и устойчивое развитие*. 2022. № 1. С. 91-93. EDN: GYQENH

References

1. Vasin A.V., Vasin V.G., Strizhakov A.O. Formation of agrophytocenosis and productivity of spring durum wheat in the application of mineral fertilizers. *Izvestiya of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Agricultural sciences*. 2022;1;4(4):11-19 (In Russ.). doi: 10.37313/2782-6562-2022-1-4-11-19.

2. Yonghui Fan, Zhaoyan Lv, Boya Qin et al. Night warming at the vegetative stage improves pre-anthesis photosynthesis and plant productivity involved in grain yield of winter wheat. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2022;186:19–30. doi: 10.1016/j.plaphy.2022.06.015

3. Mahmood Y.A., DeSilva J., King I.P., King J., Foulkes M.J. Leaf photosynthesis traits and associations with biomass and drought tolerance in amphidiploid and ancestral wheat genotypes. *European Journal of*

Agronomy. 2023;147:126846. doi: 10.1016/j.eja.2023.126846

4. Karpova G.A., Teplitskaya D.G. Photosynthetic potential and net photosynthesis productivity of spring wheat plants Ekada 113 using growth regulators. *Trends in the development of science and education*. 2019;52-4:93-95. doi: 10.18411/lj-07-2019-89 (In Russ.).

5. Kogotko E. I. Features of production processes of spring wheat varieties under various fertilizer schemes. *Agriculture and breeding in Belarus*. 2023;59:87-95.

6. Amelin A.V., Chekalin E.I., Zaikin V.V., Ikusov R.A. Rate of photosynthesis and transpiration of winter wheat plants. *Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy*. 2020;9:41-48 (In Russ.).

7. Andrew J. Simkin, Patricia E. Lypez-Calcano and Christine A. Raines. Feeding the world: improving photosynthetic efficiency for sustainable crop production. *Journal of Experimental Botany*. 2019;70;4:1119–1140. doi: 10.1093/jxb/ery445

8. Berestov I.I., Dolgova E.L., Melnikov R.V. et al. Responsiveness of spring soft wheat varieties to nitrogen fertilizer and its relationship with the coefficient of economic efficiency of photosynthesis. *Agriculture and breeding in Belarus*. 2015;51:110-116.

9. Levin A.A. Formation of the assimilation apparatus of spring wheat plants depending on the elements of cultivation technology. *Sursky Bulletin*. 2022;2(18):20-24. doi: 10.36461/2619-1202_2022_02_004 (In Russ.).

10. Grib S.I., Berestov I.I., Melnikov R.V. Coefficient of economic efficiency of photosynthesis and yield of spring soft wheat varieties at different levels of nitrogen nutrition. *Agriculture and breeding in Belarus*, 2017;53:91-97.

11. Petrova L.I., Artemyev A.E., Pervushina N.K., Lapushkina V.N. The effect of improvements on the photosynthetic activity of spring wheat crops in various agro-landscape conditions. *Grain farming of Russia*. 2016;4:49-52 (In Russ.).

12. Berestov I.I., Dolgova E.L., Melnikov R.V. et al. Responsiveness of spring soft wheat varieties to nitrogen enrichment and its relationship with the coefficient of economic efficiency of photosynthesis. *Agriculture and breeding in Belarus*. 2015;51:110-116.

13. Fokin S.A. Influence of the methods of application of ammonium molybdate and chelate on the quality indicators of spring wheat grain. *Bulletin of KSAU*. 2023;3(192):35-42. doi: 10.36718/1819-4036-2023-3-35-42 (In Russ.).

14. Zakharova N.N., Zakharov N.G. Sowing qualities and field germination of spring soft wheat seeds. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2016;4(36):17-23. doi: 10.18286/1816-4501-2016-4-17-23 (In Russ.).

15. Yunusova S.S., Akhunov T.I. The influence of field germination on the properties of seed flow, statistical characteristics of seed flow. *Peasant*. 2022;95;2:83-87 (In Russ.).

16. Saksonova N.A. Indicators of photosynthesis and photosynthetic activity of wheat varieties in the sharply continental climate of Northern Tajikistan. *Use of natural resources, ecology and sustainable development*. 2022;1:91-93 (In Russ.).

Сведения об авторах

Сергей Алексеевич Фокин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры экологии, почвоведения и агрохимии, Дальневосточный государственный аграрный университет, fok.s.a@mail.ru;

Ирина Викторовна Куркова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры экологии, почвоведения и агрохимии, Дальневосточный государственный аграрный университет, kurkova10@inbox.ru

Information about the authors

Sergey A. Fokin – Candidate of Science (Agriculture), Associate professor, Associate professor of the Chair of Ecology, Soil science and Agrochemistry, Far Eastern State Agrarian University, fok.s.a@mail.ru;

Irina V. Kurkova – Candidate of Science (Agriculture), Associate professor, Associate professor of the Chair of Ecology, Soil science and Agrochemistry, Far Eastern State Agrarian University, kurkova10@inbox.ru

Статья поступила в редакцию 23.01.2025; одобрена после рецензирования 22.04.2025; принята к публикации 08.07.2025.

The article was submitted 23.01.2025; approved after reviewing 22.04.2025; accepted for publication 08.07.2025.