

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ НА ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЕ

<sup>1,2</sup>**Н.А. Цыганова** (научный руководитель – <sup>1,2</sup>**Н.А. Воронкова**, д.с.-х.н.)

<sup>1</sup>Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина

<sup>2</sup>Омский аграрный научный центр, e-mail: duxa21@mail.ru

*Проведенные исследования в Омской области свидетельствуют о целесообразности использования органических кислот для повышения продуктивности яровой мягкой пшеницы. Максимальная урожайность (3,56 т/га) была получена при сочетании предпосевной обработки семян раствором янтарной кислоты в концентрации  $10^{-3}$  М и внесения азотно-фосфорных удобрений. Прибавка составила 0,59 т/га, что на 20% больше в сравнении с контролем. Фотосинтетический потенциал в этом варианте составил 601,8 тыс. м<sup>2</sup>/га × сут., что на 32% выше, чем в контроле.*

**Ключевые слова:** яровая пшеница, предпосевная обработка, стимуляторы роста, янтарная кислота, лимонная кислота, фотосинтетический потенциал, урожайность, Омская область.

## EFFICIENCY OF ORGANIC ACIDS FOR SPRING SOFT WHEAT CULTIVATION

<sup>1,2</sup>**N.A. Tsyganova** (scientific supervisor – *Dr.Sci.* <sup>1,2</sup>**N.A. Voronkova**)

<sup>1</sup>Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin

<sup>2</sup>Omsk Agricultural Scientific Center, e-mail: duxa21@mail.ru

*Studies provided in the Omsk region have shown that it is advisable to use organic acids to increase the productivity of spring soft wheat. The maximum yield (3.56 t/ha) was obtained by combining pre-sowing treatment of seeds with a solution of succinic acid at a concentration of  $10^{-3}$  M and applying nitrogen-phosphorus fertilizers. The increase was 0.59 t/ha, which is 20% more compared to the control. The photosynthetic potential in this variant was 601.8 thousand m<sup>2</sup>/ha × day, which is 32% higher than in the control version.*

**Keywords:** spring wheat, pre-sowing treatment, growth stimulants, succinic acid, lemon acid, photosynthetic potential, yield, the Omsk region.

Современные агротехнологии должны сочетать в себе внесение минеральных удобрений с такими приемами, как предпосевная обработка семян и некорневая подкормка, позволяющими стимулировать рост и развитие растений и, как следствие, повысить урожайность и качество продукции за счет реализации генетических возможностей культуры [1-3]. Предпосевная обработка семян (ПОС) позволяет решить данную задачу и на начальных этапах развития повысить устойчивость растений к неблагоприятным условиям внешней среды. В данный момент на рынке агрохимикатов представлено большое количество препаратов разнообразного генезиса и отличающихся по спектру своего действия, но предпочтение отдается эффективным и безопасным для человека и окружающей среды. Данным характеристикам отвечают стимуляторы роста. Они оказывают существенное влияние на ростовые, физиологические и формообразовательные процессы проростков. Кроме того, их применение служит экономически выгодным приемом, так как сопряжено со снижением расходов на единицу получаемой продукции [4, 5].

Тренд современной агрохимии – использование малотоксичных препаратов, к которым относятся биостимуляторы, обладающие высокой физиологической активностью. Биостимулирующими свойствами обладают и органические кислоты, применяемые в растениеводстве для ПОС и опрыскивания растений. С одной стороны, внимание исследователей привлекает изучение их роли и функции в растительном метаболизме, а с другой они рассматриваются как фактор стимуляции роста и развития [6]. Известно, что в процессе дыхания растений карбоновые кислоты служат промежуточными соединениями при химическом распаде углеводов [7]. Образуюсь уже на первых этапах жизненного цикла растений (при прорастании семян), они самые распространенные вещества в растении наряду с углеводами и белками. В дальнейшем они принимают участие в большинстве метаболических процессов на всех уровнях организации растительного организма [8]. Играя важную роль в процессах фотосинтеза, дыхания и морфогенеза, органические кислоты имеют еще одну особенность: при обработке, введенные экзогенно, они легко проникают

внутри клеток и, попадая в митохондрии, используются так же быстро, как и их эндогенные формы [9].

**Цель исследования** – изучение влияния ПОС растворами янтарной и лимонной кислот в различных концентрациях на динамику формирования ассимиляционной поверхности и продуктивность яровой мягкой пшеницы в южной лесостепи Западной Сибири.

**Объекты и методы.** Исследования проводили в 2017-2019 гг. на опытном поле лаборатории агрохимии и защиты растений Омского аграрного научного центра в южной лесостепной зоне Западной Сибири. Опыт размещен в пятипольном зернопаровом севообороте со следующим чередованием культур: пар чистый-пшеница-соя-пшеница-ячмень. Предшественник – соя. Севооборот заложен в 1987 г., возвращен во времени и в пространстве. Почва опытного участка лугово-черноземная среднemocная среднегумусовая тяжелосуглинистая. Объекты исследования – яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum*) сорт Омская 36, янтарная кислота (этан-1,2-дикарбоновая кислота), лимонная кислота (2-гидрокси-1,2,3-пропантрикарбоновая кислота).

Исследования проводили на двух фонах удобренности, которые отличались по содержанию основных элементов минерального питания. Перед посевом на естественном фоне обеспеченность почвы нитратным азотом была низкая (6,6 мг/кг), а на удобренном – средняя (15,2 мг/кг); подвижным фосфором, соответственно, средняя (112 мг/кг) и очень высокая (227 мг/кг). Содержание обменного калия независимо от фона было очень высоким.

Обработку семян (смачивание с последующим просушиванием) проводили непосредственно перед посевом пшеницы, так как при увеличении времени от проведения предпосевной обработки до посева снижается эффективность действия этих веществ. Максимальный срок хранения обработанного зерна не более 4 суток. Расход рабочего раствора 70 л/т семян. Концентрации растворов для обработки семян выбраны с учетом результатов ранее проведенных лабораторных исследований [10, 11]. Схема опыта по ПОС включала следующие варианты: 1. Контроль (без обработки); 2. Раствор янтарной кислоты в концентрации  $10^{-3}$  М; 3. Раствор янтарной кислоты в концентрации  $10^{-7}$  М; 4. Раствор лимонной кислоты в концентрации  $10^{-3}$  М; 5. Раствор лимонной кислоты в концентрации  $10^{-7}$  М.

Посев и учет урожая культуры проводили в оптимальные сроки. Размещение делянок в опыте систематическое, повторность четырехкратная. Общая площадь делянок 32 м<sup>2</sup>, учетная – 16 м<sup>2</sup>. Минеральные удобрения вносили весной до посева локально, сеялкой на глубину 6-8 см. В качестве минеральных удобрений использовали аммиачную селитру (азот 34%), аммофос (фосфор 52%, азот 12%). Агротехника возделывания общепринятая для зоны.

Во время исследования были проведены отборы почвенных проб через каждые 20 см до глубины 40 см. В них были определены: нитратный азот (N-NO<sub>3</sub>) по методу Грандваль-Ляжа с дисульфифеноловой кислотой; подвижный фосфор (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и обменный калий (K<sub>2</sub>O) из одной вытяжки по методу Чирикова.

В течение вегетационного периода изучали динамику изменения следующих морфофизиологических показателей растений: ассимиляционная поверхность листьев, фотосинтетический потенциал. Площадь листовой поверхности определяли методом промеров [12]. Расчет площади листьев выполнен по формуле В.В. Анисеева и Ф.Ф. Кутузова [13], фотосинтетического потенциала по А.А. Ничипоровичу [14]. Обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову (1985).

**Результаты.** Урожайность посевов зависит от мощности ассимиляционного аппарата, то есть от величины листовой поверхности [15]. Измерение листовой поверхности проводили по основным фенологическим фазам: кущение, выход в трубку, колошение. Определяли влияние азотно-фосфорных удобрений и ПОС янтарной и лимонной кислотами на формирование площади листовой поверхности растений пшеницы (табл. 1). Площадь ассимиляционной поверхности яровой мягкой пшеницы во всех вариантах увеличивалась от фазы кущения и достигла своего максимума в фазе колошения. Площадь листовой поверхности в контроле варьировала от 29,7 до 31,3 тыс. м<sup>2</sup>/га, а на удобренном фоне – от 31,9 до 36,3 тыс. м<sup>2</sup>/га.

В фазе кущения отмечалось влияние только азотно-фосфорных удобрений (N<sub>18</sub>P<sub>42</sub>), при этом площадь ассимиляционной поверхности была на 14-23% выше в сравнении с контролем. На этом этапе онтогенеза для злаковых культур характерно интенсивное поглощение макроэлементов и внесение минеральных удобрений позволило растениям сформировать большую вегетативную массу, чем на неудобренном фоне.

Существенного увеличения площади листовой поверхности в фазе трубкования в сравнении с фазой кущения пшеницы не происходило, так как этот период характеризовался интенсивным ростом стебля и появлением первого стеблевого узла над поверхностью почвы. Однако в варианте применения раствора янтарной кислоты в концентрации  $10^{-3}$  М на удобренном фоне ассимиляционная поверхность растений пшеницы в сравнении с контролем возросла на 39%.

Максимальная величина листовой поверхности (36,3 тыс. м<sup>2</sup>/га) в фазе колошения была у растений пшеницы в варианте с ПОС раствором янтарной кислоты в концентрации  $10^{-3}$  М на фоне N<sub>18</sub>P<sub>42</sub>, что на 22% больше контроля. Отмечена тенденция снижения эффективности действия янтарной кислоты при уменьшении концентрации до  $10^{-7}$  М. Следует отме-

### 1. Динамика формирования площади листовой поверхности мягкой пшеницы в зависимости от вариантов ПОС органическими кислотами и минерального фона, тыс. м<sup>2</sup>/га

Вариант ПОС		Фаза вегетации		
органическая кислота	концентрация раствора, М	кущение	трубкование	колошение
Без удобрений				
Контроль	Без обработки	15,6	18,8	29,7
Янтарная	10 <sup>-3</sup>	16,8	20,2	31,3
	10 <sup>-7</sup>	16,4	20,0	30,8
Лимонная	10 <sup>-3</sup>	16,4	20,1	31,0
	10 <sup>-7</sup>	16,3	20,0	30,7
N <sub>18</sub> P <sub>42</sub> *				
Контроль	Без обработки	17,9	22,9	31,9
Янтарная	10 <sup>-3</sup>	21,1	26,2	36,3
	10 <sup>-7</sup>	19,9	25,2	35,3
Лимонная	10 <sup>-3</sup>	20,6	25,8	35,8
	10 <sup>-7</sup>	20,3	25,4	35,4
НСР <sub>05</sub>		1,5	1,3	0,9

\* внесение азотно-фосфорных удобрений в дозе N<sub>18</sub>P<sub>42</sub> на гектар севооборотной площади

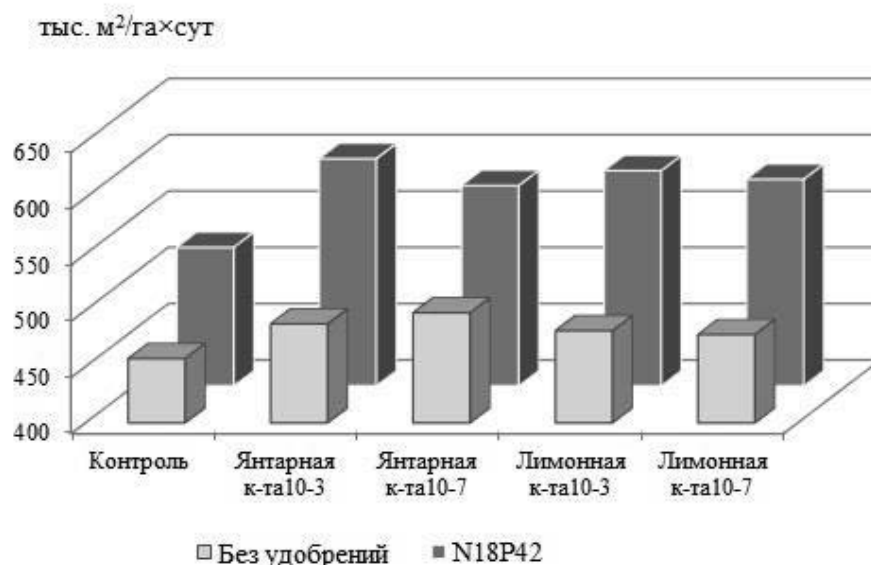
титель, что снижение концентрации раствора лимонной кислоты не повлияло на эффективность применения данного раствора для ПОС. При обработке семян лимонной кислотой в фазе кущения на минеральном фоне растения сформировали площадь ассимиляционной поверхности пшеницы на уровне 35,3-35,8 тыс. м<sup>2</sup>/га, что на 19-21% выше, чем в контроле.

Фотосинтетическая деятельность растений оценивается по величине фотосинтетического потенциала (ФП), который зависит от величины ассимиляционной поверхности и продолжительности ее работы. Он служит важнейшим показателем фотосинтеза растений и играет немаловажную роль в формировании урожая. На рисунке представлена диаграмма суммарной величины ФП (тыс. м<sup>2</sup>/га × сут.) за период от кущения до колошения в зависимости от изучаемых факторов. Установлено, что фотосинте-

тический потенциал зависел от фазы вегетации пшеницы, условий минерального питания и концентрации раствора применяемых кислот. Наибольший ФП у яровой пшеницы в опыте составил 601,8 м<sup>2</sup>/га × сут., выращиваемой на минеральном фоне (N<sub>18</sub>P<sub>42</sub>) с ПОС раствором янтарной кислоты в концентрации 10<sup>-3</sup> М, это позволило повысить продуктивность культуры и получить максимальную прибавку 0,59 т/га.

Активация фотосинтетических процессов за счет применения органических кислот отразилась на продуктивности яровой мягкой пшеницы. Корреляционный анализ показал, что продуктивность культуры находится в тесной зависимости от величины фотосинтетического потенциала растений.

Исследованиями установлено положительное влияние изучаемых факторов на урожайность яровой



#### Фотосинтетический потенциал яровой пшеницы в зависимости от применения удобрений и ПОС органическими кислотами

## 2. Урожайность яровой мягкой пшеницы в зависимости от минеральных удобрений и ПОС органическими кислотами, т/га

Вариант ПОС		Прибавка от ПОС		Прибавка от удобрений	Общая прибавка
органическая кислота	концентрация раствора, М	без удобрений	N <sub>18</sub> P <sub>42</sub> *		
Контроль	Без обработки	2,97**	3,27**	+0,30	-
Янтарная	10 <sup>-3</sup>	+0,15	+0,29	+0,44	+0,59
	10 <sup>-7</sup>	+0,10	+0,22	+0,43	+0,52
Лимонная	10 <sup>-3</sup>	+0,11	+0,22	+0,41	+0,52
	10 <sup>-7</sup>	+0,12	+0,21	+0,39	+0,51
НСР <sub>05</sub>		0,16		0,21	0,32

\* внесение азотно-фосфорных удобрений на гектар севооборотной площади; \*\* урожайность в контроле

пшеницы (табл. 2). Причем на удобренном фоне ПОС органическими кислотами обеспечила большие прибавки, чем в контроле.

Достоверных различий в вариантах по прибавкам опыта в контроле выявлено не было. Внесение минеральных удобрений и ПОС способствовали увеличению прибавок от 0,10 до 0,59 т/га. Наибольшую прибавку к контролю (20%) обеспечивает применение раствора янтарной кислоты в концентрации 10<sup>-3</sup> М на удобренном фоне. Причем, при уменьшении концентрации раствора янтарной кислоты наблюдается снижение эффективности от ПОС. В то время, как действие раствора лимонной кислоты в двух концентрациях (10<sup>-3</sup> М, 10<sup>-7</sup> М) не отличалось по уров-

ню эффективности и позволило получить прибавку в этих вариантах на уровне 17%.

*Таким образом, внесение минеральных удобрений и ПОС органическими кислотами оказывали положительно влияло на посевные качества семян и повышало продуктивность мягкой яровой пшеницы. Максимальная урожайность (3,49 т/га) была получена на удобренном фоне в варианте ПОС раствором янтарной кислоты в концентрации 10<sup>-3</sup> М, что на 20% выше контроля. В этом же варианте растения сформировали наибольшую площадь ассимиляционной поверхности в фазе колошения (36,3 тыс. м<sup>2</sup>/га) и ФП (601,8 м<sup>2</sup>/га х сут.), что на 22 и 32% выше, чем в контроле.*

### Литература

1. Плечова О.И. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы биопрепаратами на основе diazotрофов // Агрохимический вестник, 2013, № 3. – С. 38-40.
2. Алметов Н.С., Габдуллин В.Р., Алферов А.А. Применение биопрепарата Азоризин – надежный способ повышения продуктивности и качества урожая ячменя // Агрохимический вестник, 2016, № 2. – С. 44-47.
3. Вильдфлуш И.Р. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур. – Минск: Беларус. Наука, 2011. – 293 с.
4. Исайчев В.А., Андреев Н.Н., Каспировский А.В. Влияние предпосевной обработки хелатными микроудобрениями и регуляторами роста на посевные качества семян гороха и яровой мягкой пшеницы // Нива Поволжья, 2013, № 1(26). – С. 16-19.
5. Муромцев Г.С. Регуляторы роста растений. – М.: Колос, 1979. – 246 с.
6. Фролова Ю.П., Песцов Г.В., Никишина М.Б., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М., Шумилин А.С. Исследование влияния янтарной кислоты на рост и развитие ячменя / В сборнике: УНИВЕРСИТЕТ XXI ВЕКА: НАУЧНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ. Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, магистрантов и соискателей ТГПУ им. Л.Н. Толстого. – Тула: Тульский ГПУ им. Л.Н. Толстого, 2011. – С. 328-331.
7. Тюрин Ю.С., Воронкова Ф.В., Мамаева М.В., Мамаев А.А. Содержание органических кислот в зеленой массе вики посевной, овса, вико-овсяной смеси и силосе из нее // Зернообовые и крупяные культуры, 2014, № 2(10). – С. 104-111.
8. Ермакова Е.А., Песцов Г.В., Никишина М.Б., Шахкельдян И.В., Атрощенко Ю.М., Шумилин А.С. Изучение действия янтарной кислоты на ростовые и продукционные процессы пшеницы / В сборнике: УНИВЕРСИТЕТ XXI ВЕКА: НАУЧНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ. Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, магистрантов и соискателей ТГПУ им. Л.Н. Толстого. – Тула: Тульский ГПУ им. Л.Н. Толстого, 2011. – С. 115-118.
9. Верещагин А.Л., Нурминский В.Н., Еремина В.В., Захарьева Ю.И., Озолина Н.В., Салеев Р.К. Влияние ряда дикарбоновых кислот в сверхмалых концентрациях на барьерную функцию мембраны изолированной вакуоли // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Биология. Экология, 2013, Т. 6, № 2. – С. 3-7.
10. Volkova V.A., Tsyganova N.A., Voronkova N.A., Tyumentseva E.Yu., Voronkova M.N. Growth-stimulating role of chelates and organic acids. DOI: 10.1088/1755-1315/421/6/062027 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 421 (2020) 062027. AGRITECH-II-2019.
11. Волкова В.А., Цыганова Н.А., Воронкова Н.А., Дороненко В.Д. Оценка влияния предпосевной обработки хелатами и стимуляторами роста на начальный период онтогенеза яровой мягкой пшеницы / В сборнике научных статей: Актуальные проблемы научного обеспечения земледелия Западной Сибири. – Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2020. – С. 49-55.
12. Третьяков Н.Н., Паничкин Л.А., Кондратьев М.Н. Практикум по физиологии растений. 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 2003. – 288 с.
13. Аникеев В.В., Кутузов Ф.Ф. Новый способ определения площади листовой поверхности у злаков // Физиология растений, 1961, Т. 8, № 3. – С. 375-377.
14. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. – М.: Изд. АН СССР, 1961. – 185 с.
15. Карпова Г.А., Карпова Л.В., Фролова Е.Ю. Активация ранних ростовых процессов семян под действием регуляторов роста как фактор повышения полевой всхожести и урожайности яровой пшеницы // Нива Поволжья, 2016, № 1(38). – С. 29-35.