

коэффициента энергетической эффективности.

Таким образом, совершенствование технологии возделывания зерновых культур путем использования занятых паров, способствует увеличению урожайности сухой фитомассы, соответственно увеличивается накопление в ней энергии, повышается коэффициент энергетической эффективности.

Литература:

1. Бакиров, Ф.Г. Эффективность ресурсосберегающих систем обработки черноземов степной зоны Южного Урала: автореферат дис. ... доктора с-х. наук / Ф.Г. Бакиров. – Оренбург, 2008. – 47 с.

2. Зеленский, Н.А. Парозанимающие и сидеральные культуры на эродированных черноземах / Н.А. Зеленский, Е.П. Луганский, А.П. Авдеенко. – Ростов-на-Дону: ИД «Птица», 2005. – 176 с.

УДК 581.1: 633

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ И УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY AND PRODUCTIVITY OF SPRING WHEAT

*В.М.Пахомова, Н.А.Кузнецова, Е.К. Бунтукова
V.M.Pakhomova, N.A.Kuznetsova, E.K.Buntukova
Казанский государственный аграрный университет
Kazan state agricultural university*

Efficiency of employment of foliar treatment of spring wheat by complex microfertilizer LFC-2 was established. Productivity increment under LFC-2 influence is associated mainly with enhancement of functional characteristics of photosynthetic activity.

Яровая пшеница - ведущая зерновая культура в РФ. В настоящее время на долю пшеницы в России приходится около 15 млн. га, в РТ около 623 тыс. га. Однако особенности этой культуры предъявляют особые агротехнические требования к ее возделыванию, одним из которых является оптимизация минерального питания, и, в частности, применение микроэлементов. Известно, что наиболее эффективной формой микроудобрений являются хелаты. Одним из видов хелатных форм микроудобрений производимых в РФ и РТ являются жидкие удобрительно - стимулирующие составы (ЖУСС), пригодные для разнопланового применения. В основе препаратов ЖУСС лежат комплексные соединения микроэлементов хелатного типа, где в качестве лигандов выступают аминокислоты (моно-, ди- и триэтанолламин). В настоящее время проведены опыты на различных куль-

Расчет энергетической эффективности систем основной обработки почвы показал, что в зернопаротравяном севообороте есть возможность замены традиционной отвальной зяблевой обработки почвы на минимальную ресурсосберегающую без существенного снижения урожайности возделываемой культуры.

турах, которые показали высокую эффективность применения различных видов ЖУСС при разных способах их использования (в том числе и при некорневой обработке).

Однако механизм такого действия остается мало исследованным. Ранее были предприняты попытки изучения фотосинтетической деятельности яровой пшеницы при применении данного препарата, в том числе и при некорневой обработке [2]. Тем не менее, были изучены лишь ее отдельные показатели (главным образом морфологические), без комплексной оценки вклада каждого из них. В связи с этим целью наших исследований явилось изучение взаимосвязи как морфологических, так и функциональных показателей фотосинтетической деятельности яровой пшеницы в связи с ее урожайностью.

Объект и методы исследований. Объектом исследования являлась яровая пшеница

Таблица 1. Влияние некорневой обработки ЖУСС-2 на площадь листьев за вегетационный период, тыс. м² / га

Годы исследований	Варианты	Фазы вегетации		
		Кущение	выход в трубку	Колошение-цветение
2006	1	17,4±0,9	21,7±0,8	29,8±1,6
	2	20,4±1,2*	23,6±0,8*	32,8±0,9*
	3	«	25,8±1,3	33,85±0,9
	4	«	«	34,5±1,0
2007	1	16,4±1,4	21,9±1,7	30,9±3,3
	2	16,8±1,2*	22,2±2,4*	34,3±2,6*
	3	«	26,3±0,9	38,6±0,9
	4	«	«	38,7±0,8
2008	1	17,0±0,7	-	31,4±0,9
	2	17,7±0,9*	-	31,7±0,8*
	3	«	-	35,3±1,1
	4	«	«	35,4±1,3

Таблица 2. Влияние ЖУСС-2 на содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях, мг/г сырого веса (2007)

Вариант	Хл _а	Хл _в	Хл _{а+в}
Кущение			
1	12,66±0,76	5,67±0,71	18,33±1,36
2	14,25±0,19*	6,07±0,50*	20,32±0,66*
Колошение-цветение			
1	12,82±0,36	5,32±0,34	18,14±0,69
2	14,22±1,09*	5,30±0,84*	19,52±0,36*
3	13,75±0,22*	6,54±0,80*	20,29±0,67*
4	15,66±0,42	6,00±0,48*	21,66±0,64

сорта МиС (2006-2008 гг.).

Полевые опыты были проведены на опытных полях Учхоза КазГАУ на серой лесной почве среднесуглинистого механического состава. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка: рН среды пахотного слоя – 5,4; в пахотном слое почвы находится Р₂О₅ в среднем 139 мг/кг, К₂О – 94 мг/кг, аммонийного азота - 7,8 мг/кг, нитратного азота – 15, мг/кг, гумуса - 3,2%. Почва характеризуется близким к бедному (для меди) и очень бедному (для молибдена) содержанием подвижных форм микроэлементов.

Технология возделывания яровой пшеницы общепринятая для данной зоны. Предшественник – озимая рожь. В качестве минеральных удобрений использовали нитроаммо-

фоску (16:16:16) в дозе по физическому весу 375 кг/га под предпосевную культивацию. Посев проводили рядовым способом сеялкой СН-16 на глубину 5-6 см с нормой высева 6 млн. всхожих семян на 1 га. Учетная площадь контрольного и опытного вариантов составляла 40 м² (по 10 м² в 4-х повторностях каждый вариант).

2006 год характеризовался недостаточным количеством выпавших осадков (по сравнению со средними многолетними значениями). В 2007 году наблюдалось неравномерное выпадение осадков: формирование вегетативной массы сопровождалось засухой, а цветение и налив зерна – превышением осадков. Вегетационный период 2008 года отличался значительным переувлажнением.

Таблица 3. Влияние некорневой обработки ЖУСС-2 на листовой фотосинтетический потенциал за вегетационный период, тыс. м²/га сутки

Годы исследований	Варианты	Фазы вегетации	
		Кущение – выход в трубку	Выход в трубку – колошение-цветение
2006	1	243,7±11,9	360,8±10,8
	2	285,3±17,1*	375,0±6,1*
	3	«	417,6±5,9
	4	«	422,0±7,2
2007	1	268,0±12,1	370,0±23,4
	2	273,5±16,3*	395,6±18,3*
	3	«	454,4±6,4
	4	«	455,0±5,6

Площадь листовой поверхности определяли методом промеров длины и ширины листовой пластинки с расчетом по формуле $S = 0,67 \cdot A \cdot B$, где A – ширина и B – длина листа, S – площадь листьев в см² [7]; содержание фотосинтетических пигментов - спектрофотометрически [1]; продуктивность флагового листа рассчитывали по отношению веса зерна к площади флагового листа [7]; донорно-акцепторные отношения - по отношению величины прироста массы колоса за период налива к массе листьев в фазу цветения [3]; интенсивность фотосинтеза - манометрически в аппарате Варбурга по выделению кислорода при освещении 10000 лк [6]; чистую продуктивность фотосинтеза рассчитывали по формуле Бриггса - Ничипоровича [4]; нарастание надземной биомассы определяли по фазам развития растений путем взвешивания растительных проб, отобранных с постоянных площадок (по 0,33 м² в трехкратной повторности по каждому варианту); накопление углерода в листьях – мокрым сжиганием по Аликову [5]. Урожайность учитывали путем поделаночного обмолота с пересчетом на 100 % чистоту и стандартную влажность. Статистическая обработка данных проводилась дисперсионным методом и программным обеспечением Exell. О достоверности разницы между вариантами судил по критерию Стьюдента при уровне значимости $P_{0,05}$ и $НСР_{0,5}$. Символ «*» обозначает недостоверность различий между контрольными и опытными вариантами.

Схема полевых опытов: 1 вариант – контроль (пшеница без обработки); 2 вариант – растения опрыскивались 0,1% раствором Си,

Мо-ЖУСС-2 (ТУ 2189-002-ОП-2789377698) однократно в фазу кущения; 3 вариант – растения обрабатывались этим препаратом двукратно в фазах кущения и выхода в трубку; 4 вариант – растения обрабатывались трехкратно в фазах кущения, выхода в трубку и колошения.

В модельном опыте семена пшеницы замачивали на сутки в водопроводной воде и затем высевали на стекло, покрытое влажной марлей и помещенное в кювету с 0,25 мМ раствором CaCl₂. Проростки выращивали при комнатной температуре и освещении 10000 лк. Шестидневные проростки опрыскивали 0,1 % раствором ЖУСС-2 и через сутки проводили исследования.

Результаты. Площадь листьев увеличилась при двух- и трехкратных обработках во все годы исследований (на 9 – 25 %). Максимальное увеличение наблюдалось в 2007 году в фазу колошения – цветения (на 25 %) (табл.1). Содержание хлорофилла а в листьях в 2007 году увеличилось в фазу колошения - цветения в 4 варианте (на 19 %). Содержание каротиноидов и хлорофилла в не менялось (табл. 2). Листовой фотосинтетический потенциал (ЛФП) увеличивался в 3 и 4 вариантах во все годы исследований (на 16 – 23 %) (табл. 3).

Площадь флагового листа под действием некорневой обработки препаратом ЖУСС-2 оставалась без изменений и составляла в среднем 15,4 см².

Продуктивность флагового листа увеличивалась в 2007 году во всех опытных вариантах (на 23 – 61 %), в 2008 году - в 3 - 4 вариан-

Таблица 4. Влияние некорневой обработки ЖУСС-2 на продуктивность флагового листа

Годы исследований	Варианты	Продуктивность флагового листа,	
		г / см ²	
2007	1	0,097±0,006	
	2	0,119±0,004	
	3	0,143±0,010	
	4	0,156±0,011	
2008	1	0,074±0,006	
	2	0,089±0,005*	
	3	0,100±0,003	
	4	0,106±0,004	

Таблица 5. Влияние ЖУСС-2 на донорно-акцепторные отношения яровой пшеницы

Годы исследований	Варианты	Вес колоса в фазу цветения, г	Вес колоса в восковую спелость, г	Прирост массы колоса за период налива, г (А)	Сухой вес листьев в цветение, г (Б)	Донорно-акцепторные отношения А:Б
2007	1	0,51±0,05	0,78±0,05	0,27±0,05	0,12±0,007	2,30±0,15
	2	0,58±0,02*	0,88±0,03*	0,30±0,02*	0,11±0,009*	2,80±0,24*
	3	0,71±0,03*	1,03±0,07	0,31±0,03*	0,12±0,009*	2,70±0,23*
	4	0,75±0,06*	1,15±0,08	0,40±0,06	0,12±0,014*	3,70±0,42
2008	1	0,56±0,02	1,87±0,14	1,30±0,12	0,20±0,014	6,48±0,74
	2	0,58±0,04*	1,97±0,13*	1,40±1,41*	0,21±0,015*	6,80±0,48*
	3	0,59±0,02*	2,25±0,06	1,68±0,06	0,23±0,007	8,30±0,30
	4	0,60±0,03*	2,38±0,08	1,79±0,09	0,24±0,009	8,98±0,40

Таблица 6. Влияние некорневой обработки ЖУСС-2 на сухую массу растений за вегетационный период, мг

Годы исследований	Варианты	Фазы вегетации		
		Кущение	выход в трубку	Колошение-цветение
2006	1	336 ±25,9	708±43,1	1202±74,7
	2	383±38,2*	815±52,1*	1389±84,5*
	3	«	854±33,8	1678±58,7
	4	«	«	1578±87,1
2007	1	342±40,5	687±55,4	1263±117,6
	2	450±54,6*	780±56,3*	1396±91,4*
	3	«	831±26,8	1685±89,6
	4	«	«	1715 ±116,2
2008	1	232±18,6	-	1900±100,1
	2	206±26,2*	-	2060±133,6*
	3	«	-	2510±146,9
	4	«	-	2680±113,7

Таблица 8. Влияние некорневой обработки ЖУСС-2 на накопление углерода в листьях за вегетационный период, мг / дм²

Годы исследований	Варианты	Фазы вегетации		
		Кущение	Выход в трубку	колошения-цветения
2006	1	23,77±0,59	22,04±1,23	36,33±0,85
	2	25,27±0,30*	24,83±0,14*	37,54±1,06*
	3	«	29,15±0,69	40,96±1,14
	4	«	«	48,98±1,34
2007	1	11,77±0,55	22,22±1,07	26,36±1,08
	2	10,59±0,36*	23,11±0,80*	29,54±1,57*
	3	«	26,61±0,53	33,20±1,17*
	4	«	«	34,31±1,25

тах (на 35 - 43 %) (табл. 4).

Донорно-акцепторные отношения в 2007 году увеличивались в 4 варианте (на 61 %) за счет значительного прироста массы колоса в период налива, а 2008 году - в 3 - 4 варианте (на 28 – 38 %) (табл. 5).

Сухая масса растений увеличивалась в 3 - 4 вариантах во все годы исследований (на 18 - 41%), причем наибольшее увеличение наблюдалось в фазу колошения - цветения в 2008 году (табл. 6).

Чистая продуктивность фотосинтеза увеличивалась в 2006-2007 годах в период кущения – выхода в трубку в 3 варианте (на 15 – 23 %), а от выхода в трубку до колошения - цветения в 3 - 4 варианте (на 11 – 16 %) (табл. 7).

В эти же годы исследований наблюдалось увеличение накопления углерода в листьях в фазу выхода в трубку в 3 варианте (на 20 - 32%) и в фазу колошения – цветения в 3 - 4 вариантах (на 12 – 30 %) (табл. 8)

Интенсивность фотосинтеза листьев в модельном опыте возрастала при действии некорневой обработке препаратом ЖУСС-2 на 20 % (рис.1.)

Изменение фотосинтетической деятельности яровой пшеницы под влиянием двух и трехкратной обработки привело к увеличению урожайности в 2006-2008 гг. в среднем на 3 - 4 ц/га (на 7 – 31 %). Наибольшая прибавка урожая наблюдалась в 2007 году в 4 варианте и составила 7,4 ц/га (31 %) (табл. 9).

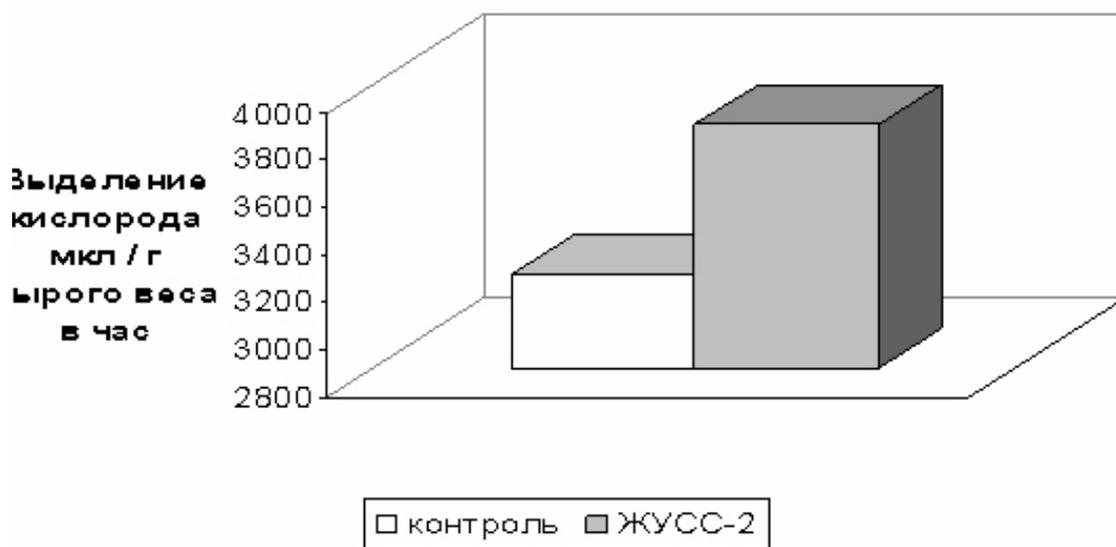


Рис. 1. Влияние ЖУСС-2 на интенсивность фотосинтеза(модельный опыт)

Таблица 9. Влияние некорневой обработки ЖУСС-2 на урожайность (ц/га) яровой пшеницы

Варианты	Годы исследований		
	2006 г.	2007 г.	2008 г.
1	25,2	24,1	35,0
2	26,18	24,6	36,6
3	27,09	29,3	37,4
4	31,73	31,5	41,8
НСР _{0,5}	1,68	1,51	1,88

Выводы

1. Обработка вегетирующих растений яровой пшеницы, возделываемой на почвах с низким содержанием меди и молибдена, хелатным микроудобрением ЖУСС-2, включающим данные микроэлементы, является одним из эффективных приемов повышения урожайности за счет активизации фотосинтетической деятельности.

2. Установлено, что под влиянием данного приема увеличиваются практически все основные показатели фотосинтетической деятельности (кроме площади флагового листа и в отдельных случаях содержания фотосинтезирующих пигментов). Наибольшее изменение характерно не для морфологических показателей (площади листьев и ЛФП), а для функциональных (донорно-акцепторных от-

ношений и продуктивности флагового листа). Одной из причин последнего является активизация интенсивности фотосинтеза листьев и, соответственно накопления углерода.

3. Наибольшее увеличение урожайности (на 31 %) наблюдалось в неблагоприятный по метеоусловиям год (2007), что свидетельствует об антистрессорном действии данного приема возделывания яровой пшеницы. Важно, что в этом случае одинаково возрастал как биологический, так и хозяйственный урожай. Активизация формирования хозяйственно-полезной части урожая в значительной степени обусловлена усилением оттока ассимилятов из фотосинтезирующих органов растения. Усиление оттока ассимилятов связано, скорее всего, с сокращением онтогенеза растений в стрессовых условиях существования.

Литература:

1. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез, Дыхание. Учеб. Пособие. М.: Высшая школа, 1975. – 392 с.
2. Гайсин И.А., Хисамеева Ф.А. Полифункциональные хелатные микроудобрения. – Казань: Издательский дом «Медок», 2007. – 237 с.
3. Кумаков В.А. Коррелятивные отношения между органами в процессе формирования урожая // Физиология растений. - М., Наука, 1980, т. 27, вып. 5, – С. 975-985.
4. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. – М., Изд-во АН СССР, 1961. – 136 с.
5. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков и др. – М.: Колос, 2003. – 288 с.
6. Семихатова О.А, Чулановская М.В. Манометрические методы изучения дыхания и фотосинтеза. – М.–Л.: Наука, 1965, - 168 с.
7. Шевелуха В.С., Андреева Н.М., Безлюдный Н.Н. и др. Морфофизиологические показатели продуктивности и устойчивости зерновых культур. - Минск: Ураджай, 1980. - 144 с.