

А. Р. Цыганов, доктор сельскохозяйственных наук;
И. Р. Вильдфлуш, доктор сельскохозяйственных наук;
К. А. Гурбан, кандидат сельскохозяйственных наук

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

ВВЕДЕНИЕ

Высокий урожай зерновых можно получить при выращивании посевов с высоким фотосинтетическим потенциалом. Для этого необходимо сформировать посевы с такой густотой стояния растений, чтобы площадь их листьев в 4-5 раз превышала площадь поля [1]. Поэтому для зерновых культур оптимальным индексом листовой поверхности (площадь листьев на единицу площади посева) считается 4-5 м²/м², а фотосинтетический потенциал – не менее 1,8 млн м² сутки/га.

В создании урожая фотосинтезу принадлежит ведущая роль, и все агротехнические приемы должны быть направлены на обеспечение оптимальных условий для лучшего использования растением солнечной энергии и протекания процесса фотосинтеза. Продуктивность фотосинтеза зависит от многих показателей: интенсивности протекания процесса, биологических особенностей сорта, размера и продолжительности работы ассимиляционной поверхности, уровня минерального питания [2, 3, 4] и применения на посевах регуляторов роста [5, 6].

Таким образом, изучение влияния минеральных удобрений совместно с новыми регуляторами роста на нарастание ассимиляционной поверхности, изучение оптимального хода ее формирования, является актуальной проблемой и перспективным направлением повышения продуктивности растений.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 1996-1998 гг. с яровой пшеницей сорта Иволга в полевых опытах на опытном поле кафедры агрохимии Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Почва опытного участка дерново-подзолистая, развивающаяся на легком лессовидном суглинке, подстилаемом моренным суглинком с глубины около 1 м. Пахотный горизонт характеризовался следующими агрохимическими показателями: слабокислой реакцией среды (рН в КСl 6,0-6,2), низким содержанием гумуса (1,2-1,4%), средней и повышенной обеспеченностью подвижными соединениями фосфора (112-158 мг P_2O_5 /кг почвы), низким и средним содержанием калия (100-143 мг K_2O /кг почвы). Запасы потенциально усвояемого азота в слое почвы 0-20 см перед закладкой опытов характеризовались средними величинами (131-151 кг азота/га). В опытах использовались КАС (N-30%), аммиачная селитра (N-34,6%), суперфосфат двойной (P_2O_5 -45,0%), хлористый калий (K_2O -60,0%).

В опытах применяли новые регуляторы роста и развития растений: эпин, эмистим, квартазин и экофлаж.

Эпин – препарат на основе эпибрассинолида, который относится к недавно открытому новому классу природных фитогормонов brassinosteroidов [7]. Его производство налажено в Беларуси.

Эмистим – продукт жизнедеятельности эпифитных грибков, обитающих в ризосфере корней женьшеня [8].

Квартазин (хлорид-N, N-диметил-N-(2-хлорэтил)-гидразония) – проявляет росторегулирующее действие и влияет на развитие растений [9, 10].

Экофлаж – комплексный многокомпонентный органо-минеральный препарат, биостимулятор роста и развития растений, полученный ферментативным путем с использованием особых ферментативных грибков. Содержит органические кислоты, грибки, сахара, белки, микроэлементы [10]. Производится в Испании, планируется применять в Беларуси.

Растения яровой пшеницы сорта Иволга обрабатывали регуляторами

роста в фазе начало выхода в трубку в дозах: эпин – 20 мг/га, эмистим – 5 мг/га, квартазин – 100 г/га, экофлаж – 5 л/га с 200 л/га воды.

Общая площадь делянки – 54 м², учетная – 43,8 м². Повторность в опыте четырехкратная.

Яровую пшеницу возделывали в соответствии с агротехникой, рекомендуемой для условий Могилевской области.

Показатели фотосинтетической деятельности посевов (площадь листьев, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, накопление биомассы) определяли по общепринятой методике [11, 12].

Вегетационный период 1996 г. характеризовался прохладной погодой в первой половине лета (июнь-июль) и теплой, засушливой погодой в августе. В июне 1997 г. осадков выпало в 1,5 раза больше нормы. Июль и август были засушливыми. В июле осадков выпало 57%, а в августе – только 44% от нормы. Таким образом, во второй половине вегетации как и в 1996 г., так и в 1997 г. ощущался недостаток влаги. Температура вегетационного периода 1998 г. была близкой к среднемноголетней, но осадков выпало значительно больше по сравнению со среднемноголетними значениями.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На динамику формирования листовой поверхности яровой пшеницы оказывали влияние минеральные удобрения, прежде всего азотные, и регуляторы роста.

Применение минеральных удобрений существенно увеличивает площадь листовой поверхности по сравнению с контролем. Наибольшее влияние на динамику листовой поверхности оказывают азотные удобрения. Например, азот в дозе N₆₀ в среднем за три года увеличивал листовую поверхность в фазе флагового листа на 9,6 тыс. м²/га по сравнению с внесением только фосфорно-калийных удобрений (табл. 1). Максимальная площадь листовой поверхности отмечалась в фазе флагового листа и достигала в варианте N₉₀P₅₀K₉₀ – 39,0 тыс. м²/га.

Регуляторы роста, применяемые на фоне N₆₀P₄₀K₆₀, оказывали

заметное влияние на величину листовой поверхности растений яровой пшеницы. Так, под действием регуляторов роста в фазе флагового листа площадь листовой поверхности увеличивалась в среднем за 3 года по сравнению с фоновым вариантом $N_{60}P_{40}K_{60}$ на 4,2-4,6 тыс.м²/га.

Таблица 1. Динамика нарастания листовой поверхности у яровой пшеницы в зависимости от применяемых удобрений и регуляторов роста, тыс. м²/га (среднее за 1996-1998 гг.)

Вариант опыта	Фазы развития растений				
	кущение	начало выхода в трубку	флаговый лист	колошение	молочная спелость
1. Без удобрений	8,8	13,7	20,5	16,4	3,0
2. $P_{40}K_{60}$	8,8	15,8	24,0	19,4	3,6
3. $N_{60}P_{40}K_{60}$ – фон	9,5	24,9	33,6 (34,4*)	29,0 (30,6*)	6,4
	(9,4*)	(25,3*)			(6,1*)
4. Фон + эпиш	9,4	25,5	38,2	33,9	13,9
5. Фон + квартазин	9,3	24,7	37,8	33,0	11,6
6. Фон + эмистим	9,2	24,5	37,9	33,1	10,4
7. Фон + экофлаж	9,0*	25,9*	38,4*	34,0*	10,0*
8. $N_{90}K_{45}P_{50}K_{90}$	10,4	26,5	39,0	36,7	14,4
ИСП ₀₅	0,6	1,2	2,7	2,1	1,1

* Среднее за 1997-1998 гг.

В вариантах с применением регуляторов роста отмечался более продолжительный максимум величины листовой поверхности и медленное отмирание листьев после него. Особенно это было заметно в вариантах с применением эпибрасинолида и квартазина.

Анализ формирования фотосинтетического потенциала показал (табл. 2), что более высокие приросты листового фотосинтетического потенциала в опыте отмечались с момента появления флагового листа и до колошения, что положительно влияло на накопление сухой надземной биомассы растениями яровой пшеницы. После фазы колошения наблюдалось падение приростов ЛФП.

Регуляторы роста заметно увеличивали листовой фотосинтетический потенциал, начиная с фазы флагового листа, по сравнению с фоном. В вариантах с применением регуляторов роста медленнее происходило падение ЛФП после фазы колошения по сравнению с фоновым вариантом.

В среднем за 3 года исследований более высокий суммарный за вегетацию листовой фотосинтетический потенциал (1,83 млн·м²-сутки/га) получен в варианте N₉₀P₃₀K₉₀ с повышенными дозами минеральных удобрений.

Таблица 2. Листовой фотосинтетический потенциал (ЛФП) яровой пшеницы в зависимости от применяемых удобрений и регуляторов роста, млн. м² сутки/га (среднее за 1996-1998 гг.)

Вариант опыта	Межфазный период					ЛФП за вегетацию
	кущение – начало трубкавания	начало трубкавания – флаговый лист	флаговый лист – колосшение	колосшение – молочная спелость	молочная спелость – восковая спелость	
1. Без удобрений	0,05	0,14	0,40	0,20	0,05	0,84
2. P ₄₀ K ₆₀	0,06	0,16	0,46	0,24	0,05	0,97
3. N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀ – фон	0,09	0,24	0,67	0,36	0,07	1,43
	(0,10*)	(0,23*)	(0,71*)	(0,38*)	(0,09*)	(1,51*)
4. Фон + эпин	0,09	0,26	0,78	0,50	0,12	1,75
5. Фон + квартазин	0,08	0,25	0,76	0,45	0,12	1,66
6. Фон + эместим	0,08	0,25	0,75	0,44	0,12	1,64
7. Фон + экофлаж	0,09*	0,24*	0,79*	0,44*	0,12*	1,68*
8. N ₉₀ K ₄₅ P ₅₀ K ₉₀	0,10	0,26	0,80	0,52	0,15	1,83
НСП ₀₅	0,01	0,03	0,06	0,05	0,05	0,06

* Среднее за 1997-1998 гг.

На посевах яровой пшеницы средняя за вегетацию величина чистой продуктивности фотосинтеза уменьшается под влиянием минеральных удобрений, прежде всего азотных (табл. 3).

Таблица 3. Чистая продуктивность фотосинтеза в посевах яровой пшеницы в среднем за вегетацию, г/м² сутки

Вариант опыта	1996 г.	1997 г.	1998 г.	Средняя за 3 года
1. Без удобрений	6,5	8,0	5,4	6,6
2. P ₄₀ K ₆₀	6,2	7,6	5,4	6,4
3. N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀ – фон	5,0	6,5	5,1	5,5(5,8*)
4. Фон + эпин	5,0	5,6	4,7	5,1
5. Фон + квартазин	4,8	6,0	4,7	5,2
6. Фон + эместим	4,7	5,8	4,8	5,1
7. Фон + экофлаж	-	6,0	4,8	5,4*
8. N ₉₀ K ₄₅ P ₅₀ K ₉₀	4,6	5,5	5,0	5,0
НСП ₀₅	0,5	0,7	0,5	0,4

* Среднее за 1997-1998 гг.

Так, в среднем за три года исследований, в контрольном варианте чистая продуктивность фотосинтеза была у яровой пшеницы 6,6 г/м²сутки, в вариантах P₄₀K₆₀ – 6,4 и N₆₀P₄₀K₆₀ – 5,5, а при повышенных дозах полного минерального удобрения в варианте N₉₀P₅₀K₉₀ – 5,0 г/м²сутки. Однако азот, способствуя интенсивному нарастанию площади листьев, компенсирует снижение чистой продуктивности фотосинтеза, что приводит к увеличению суточного прироста сухого вещества.

Регуляторы роста существенно не изменяли величину чистой продуктивности фотосинтеза яровой пшеницы по сравнению с фоновым вариантом.

Исследования процесса накопления сухой надземной биомассы показали, что максимальное накопление сухих веществ у яровой пшеницы наблюдалось в фазе восковой спелости. Повышение уровня минерального питания, прежде всего азотного, способствовало повышению темпов накопления сухого вещества и увеличению урожайности надземной биомассы яровой пшеницы. Так, в среднем за три года исследований, величина сухой надземной биомассы в фазе молочной спелости на фоне P₄₀K₆₀ составила 56,1 ц/га, в варианте N₆₀P₄₀K₆₀ – 74,4 и в варианте N₉₀P₅₀K₉₀ – 89,5 ц/га (табл. 4).

Таблица 4. Динамика нарастания сухой надземной биомассы у яровой пшеницы, ц/га (среднее за 1996–1998 гг.)

Вариант опыта	Фазы развития растений					
	куще- ние	выход в трубку	колоше- ние	молоч- ная спелость	восковая спелость	полная спелость
1. Без удобрений	4,1	10,9	26,3	49,5	53,8	53,0
2. P ₄₀ K ₆₀	4,8	12,9	31,3	56,1	61,9	59,7
3. N ₆₀ P ₄₀ K ₆₀ - фон	5,7	18,0	43,2	74,4	82,5	77,5
	(5,8*)	(19,2*)	(46,0*)	(79,2*)	(87,4*)	(82,8*)
4. Фон + эпин	5,5	20,9	50,0	86,0	91,5	88,0
5. Фон + квартазин	5,6	20,2	47,2	81,3	87,4	83,3
6. Фон+эмистим	5,6	20,2	46,7	80,8	88,2	83,0
7. Фон + экофлаж	5,6*	21,9*	51,7*	86,6*	93,4*	88,3*
8. N ₉₀ K ₉₀ P ₅₀ K ₉₀	6,5	23,7	53,7	89,5	96,7	90,9
НСП ₀₅	0,6	1,0	1,8	2,1	2,0	2,5

*Среднее за 1997–1998 гг.

Изучение накопления сухой надземной биомассы у яровой пшеницы показало, что применение регуляторов роста активизирует синтетическую деятельность растений, вследствие этого возрастают темпы накопления сухих веществ по сравнению с фоновым вариантом $N_{60}P_{40}K_{60}$ (табл. 4). Так, в среднем за три года, урожайность сухой надземной биомассы в фазе молочной спелости в фоновом варианте $N_{60}P_{40}K_{60}$ составила 74,4 ц/га, а при применении эпибрассинолида – 86,0, квартазина – 81,3, эмистима – 80,8 и экофлажа, в среднем за два года, – 86,7 ц/га.

Наибольшая урожайность зерна яровой пшеницы получена в вариантах, в которых сформирован более высокий листовой фотосинтетический потенциал за вегетацию (табл. 5).

Таблица 5. Влияние минеральных удобрений и регуляторов роста на урожайность зерна яровой пшеницы (среднее за 1996-1998 гг.)

Вариант опыта	Урожайность, т/га			
	1996 г.	1997 г.	1998 г.	Средняя
1. Без удобрений	2,57	2,31	2,98	2,62(2,65*)
2. $P_{40}K_{60}$	2,75	2,60	3,41	2,92
3. $N_{60}P_{40}K_{60}$ – фон	3,11	3,28	4,43	3,61(3,86*)
4. Фон + эпин	4,01	3,62	4,78	4,14
5. Фон + квартазин	3,69	3,60	4,73	4,01
6. Фон + эмистим	3,48	3,55	4,72	3,92
7. Фон + экофлаж	-	3,61	4,68	4,15*
ИСП ₀₅	0,28	0,18	0,21	0,14

*Среднее за 1997-1998 гг.

Корреляционно-регрессивный анализ показал, что между урожайностью яровой пшеницы и площадью листьев по фазам развития растений существует тесная связь, которая описывается следующими регрессионными уравнениями:

фаза флагового листа – $Y = 51,536 - 2,392x + 0,05x^2$, $r = 0,841 \pm 0,053$;

фаза колошения – $Y = 7,950 + 1,008x$, $r = 0,868 \pm 0,044$.

ВЫВОДЫ

1. Наибольшее влияние на динамику нарастания листовой поверхности и величину листового фотосинтетического потенциала яровой пшеницы оказывают азотные удобрения.

В целом за вегетацию, высокий листовой фотосинтетический потенциал у яровой пшеницы получен при применении азотных удобрений в варианте $N_{90}P_{50}K_{90}$.

2. Регуляторы роста эпибраснолид, квартазин, эмистим и экофлаж оказывают положительное влияние на динамику нарастания листовой поверхности и величину листового фотосинтетического потенциала фитоценозов яровой пшеницы. Из всех изучаемых регуляторов роста наиболее высокий за вегетацию листовой фотосинтетический потенциал получен у яровой пшеницы при обработке растений эпибрасинолидом на фоне $N_{60}P_{40}K_{60}$.

3. Накопление сухой надземной биомассы яровой пшеницы определяется дозами азотных удобрений. Применение возрастающих доз азота $N_{60}-N_{90}$ увеличивает накопление сухой биомассы.

4. Применение регуляторов роста положительно влияет на накопление сухой надземной биомассы растениями яровой пшеницы. Из изучаемых регуляторов роста наибольшее влияние на накопление сухой биомассы оказывает эпибрасинолид на фоне $N_{60}P_{40}K_{60}$. В этом варианте опыта была получена и максимальная урожайность зерна яровой пшеницы.

5. Для получения высоких урожаев зерна в 4 т/га яровой пшеницы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве необходимо сформировать посевы с площадью листьев не менее 37,8 тыс.м²/га в фазе флагового листа, суммарный листовой фотосинтетический потенциал за вегетацию – не менее 1,66 млн.м².сутки/га и чистую продуктивность фотосинтеза – 5 г/м².сутки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Биологические основы интенсивных технологий возделывания зерновых культур: Практ. рук-во / Под ред. Л.В. Хотылевой. – Гомель, 1991. – 135 с.

2. Ничипорович А.А. Фотосинтез, азотное и минеральное питание, как целостная система питания растений и основа их продуктивности. – М.: Наука, 1986. – 177 с.

3. Шатилов И.С., Замараев А.Г., Чиповская Г.В. Фотосинтетический потенциал и урожай зерновых // Изв. Моск. с.-х. акад. им. Тимирязева. – 1979. – № 4. – С. 27-28.

4. Замараев А.Г., Чаповская В.Г., Смоленцев В.Б. Фотосинтетическая деятельность озимой пшеницы при различном уровне минерального питания // Изв. Моск. с.-х. акад. им. Тимирязева. – 1986. – № 1. – С. 45-52.

5. Задонцев А.И., Пикум Г.Р., Гринченко А.А. Хлораминхлорид в растениеводстве. – М.: Колос, 1973. – 360 с.

6. Возделывание зерновых / Д. Шпар, А. Постников, Г. Крацм и др.; Под общ. ред. А.Н. Постникова. – М.: Аграр. науки., 1998. – 336 с.

7. Хрипач В.А., Лахвич Ф.А., Жабинский В.И. Брассиностероиды. – Мн.: Навука і тэхніка, 1993. – 242 с.

8. Физиологическая активность регуляторов роста эмистима / В. Троян, Н. Романюк, В. Мусияка, З. Безвенюк, Т. Николаенко // Регуляторы роста и развития растений: Тез. докл. 4-й междунар. конф., Москва, 24-26 июня 1997 г. / Рос. акад. с.-х. наук; Моск. с.-х. акад. им. Тимирязева. – М., 1997. – С. 248-249.

9. Мазец Ж.Э., Дзеева В.П., Стельмакова З.М. Уплыў квартазіну на рост, развіццё і колькасць асобных фітагормонаў у ДТ-ліній пшаніцы Чайніз Спрынг // Весці Акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 1996. – № 1. – С. 93-97.

10. Применение многокомпонентного удобрения ЭСО-Flash на посевах сельскохозяйственных культур / В.В. Лапа, В.Н. Босак, Т.М. Германович и др. // НТИ и рынок. – 1998. – № 1. – С. 11-12.

11. Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах / Всесоюз. акад. с.-х. наук. Науч. совет по фотосинтезу АН СССР; Сост. А.Н.Ничипорович, З.Г.Кузьмин, Л.Я.Полозова. – М., 1969. – С.77-90.

12. Федоров Н.И. Фотосинтез и урожай растений: Учеб. пособие / Саратов. с.-х. ин-т. – Саратов, 1987. – 22 с.

INFLUENCE OF FERTILIZERS AND GROWTH REGULATORS ON PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF SPRING WHEAT ON SWARD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL

SUMMARY

On sward-podzolic light loamy soil in the average for 1996-1998 the application of growth regulators rendered positive influence on photosynthetic parameters of spring wheat.

From investigated growth regulators epin renders the greatest influence on parameters of photosynthesis on the background of $N_{60}P_{40}K_{60}$. In this variant of the experiment the maximal productivity of spring wheat was received.