

ВЛИЯНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ФОРМ УДОБРЕНИЙ НА НАРАСТАНИЕ ЛИСТОВОГО АППАРАТА И ЕГО ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Т.Ю. Вознесенская, Т.М. Вережкина, ВНИИ агрохимии

Работа выполнена по государственному заданию №0572-2014-0005

Представлены результаты испытаний о влиянии различных комплексов микроудобрений и аминокислот на формирование фотосинтетического аппарата озимой пшеницы. Установлено, что интенсивность нарастания листовой поверхности в течение всей вегетации достигала максимальных значений при обработке семян и некорневых подкормках комплексом аминокислот с микроэлементами на высоком фоне минеральных удобрений ($N_{100}P_{100}K_{100}$). При применении удобрений нарастание фотосинтетического потенциала посевов в течение вегетации озимой пшеницы происходит за счет увеличения площади листовой поверхности. Предпосевная обработка семян способствовала увеличению фотосинтетической деятельности растений в посевах и улучшению динамики ростовых процессов.

Ключевые слова: инновационные удобрения, комплекс аминокислот, микроэлементы, озимая пшеница, фотосинтетическая деятельность, ассимиляционная поверхность листьев, продуктивная работа листьев.

DOI: 10.25680/S19948603.2018.105.03

Основной задачей сельского хозяйства является дальнейшее увеличение производства сельскохозяйственной продукции на основе систематического повышения урожайности возделываемых культур.

Исследованиями многих ученых (Ничипорович, Строгонова, Чмора, Власова, Устенко и др.) установлено, что величина урожая определяется двумя факторами – размерами листовой поверхности и продуктивностью работы листьев. Для получения высоких урожаев фотосинтез посевов (растений) должен быть высокой интенсивности, что достигается при максимально развитой площади листовой поверхности и ее работоспособности [4].

Формирование фотосинтетического аппарата – сложный процесс. В ранние фазы роста и развития преобладают процессы новообразования и роста листьев, в более поздние – процессы отмирания, связанные с усиленной транспортировкой пластических веществ в репродуктивные органы [5]. Накопление и запасание энергии в процессе фотосинтеза сопровождаются накоплением биомассы, служащей структурным и энергетическим материалом, обеспечивающим существование растений [7].

Размер и активность нарастания листовой поверхности находятся под воздействием многочисленных агро-технических, климатических и биологических факторов: плодородия почв, сроков посева, погодных условий, сортовых особенностей, характера кущения, высоты растений и др. Один из факторов – высокие температуры после цветения, которые ускоряют старение листьев и пожелтение остальных зеленых органов.

На размеры листовой поверхности и продолжительность ее активной фотосинтетической деятельности после цветения оказывают влияние подкормки растений. Микроэлементы (В, Мп, Мо, Cu, Zn) и аминокислоты положительно воздействуют на процессы листообразования и фотосинтез, способствуют повышению устойчивости растений к стрессам, в частности к засухоустойчивости [1-3, 6].

Цель исследования – изучить влияние применения инновационных форм удобрений на особенности формирования листового аппарата озимой пшеницы и его фото-

синтетическую деятельность в условиях Краснодарского края при различной степени обеспеченности элементами минерального питания.

Методика. Исследования выполнялись в 2015-2016 гг. на опытном поле Кубанского государственного аграрного университета (г. Краснодар).

В опыте испытывали следующие удобрения:

*Комплекс микроэлементов [смесь, состоящая из неорганических солей и борной кислоты]: сульфат цинка (Zn), сульфат меди (Cu), сульфат марганца (Mn), молибдат аммония, борная кислота (В)].

*Комплекс хелатов микроэлементов [смесь, состоящая из хелатов микроэлементов и молибдата аммония]: Рексолин Cu 15 (Cu), Рексолин Mn 13 (Mn), Рексолин Zn 15 (Zn), молибдат аммония (Mo), борэтаноламин (В)].

Комплекс аминокислот с микроэлементами – органоминеральное удобрение на основе растительного экстракта с добавлением микроэлементов. Комплекс содержит (%): органическое вещество – 40, аминокислоты – 10,0, в т.ч. свободные аминокислоты – 8,0; общий азот (N) – 5,0; цинк водорастворимый (Zn) – 0,75; марганец водорастворимый (Mn) – 0,5; бор водорастворимый (В) – 0,1; железо водорастворимое (Fe) – 0,1; медь водорастворимая (Cu) – 0,1; молибден водорастворимый (Mo) – 0,02; кобальт водорастворимый (Co) – 0,01; pH 6,5 ед.

Комплекс аминокислот – органоминеральное удобрение на основе экстрактов из сырья растительного происхождения. Комплекс содержит (%): органическое вещество – 60,0; аминокислоты – 14,4, в т.ч. свободные аминокислоты – 12,0; азот (N) – 7,0; pH 6,6 ед.

Исследования проводили на среднеспелом сорте озимой пшеницы Вершина.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный тяжелосуглинистый. Перед закладкой опыта она имела следующую агрохимическую характеристику: гумус – 2,67% (по Тюрину), подвижный фосфор – 51 мг/кг, обменный калий – 240 мг/кг, $pH_{\text{сол.}}$ 7,1; гидролитическая кислотность – 0,6 мг-экв/100 г, сумма обменных оснований – 22,1 мг-экв/100 г.

Технология возделывания пшеницы озимой – общепринятая для данной зоны. Предшественник – соя.

**Содержание микроэлементов в составе Комплексов эквивалентно содержанию их в составе Комплекса аминокислот с микроэлементами.*

Испытания проводили на двух различных фонах минерального питания: фон 1 - $N_{50}P_{50}K_{50}$ и фон 2 - $N_{100}P_{100}K_{100}$. Нитроаммофоску NPK 16:16:16 вносили осенью под предпосевную обработку почвы.

Схема опыта:

1. Контроль. Без удобрений ($N_0P_0K_0$).
2. Фон 1 - $N_{50}P_{50}K_{50}$.
3. Фон 2 - $N_{100}P_{100}K_{100}$.
4. Фон 1 + Комплекс хелатов микроэлементов (Рексолин Zn 15 – 75,3 г/т семян + 75,3 г/га, Рексолин Mn 13 – 57,7 г/т семян + 57,7 г/га, Рексолин Cu 15 – 10 г/т семян + 10 г/га, молибдат аммония – 0,6 г/т семян + 0,6 г/га, борэтаноламин – 8,8 г/т семян + 8,8 г/га) – одинарная доза.
5. Фон 1 + Комплекс хелатов микроэлементов – двойная доза.
6. Фон 1 + Комплекс микроэлементов [борная кислота – (8,6 г/т семян + 8,6 г/га) + сульфат меди – (6 г/т семян + 6 г/га) + сульфат цинка – (45 г/т семян + 45 г/га) + сульфат марганца – (23 г/т семян + 23 г/га) + молибдат аммония – (0,6 г/т семян + 0,6 г/га)] – одинарная доза.
7. Фон 1 + Комплекс микроэлементов - двойная доза.
8. Фон 1 + Комплекс аминокислот с микроэлементами (1,5 л/т + 1,5 л/га) - одинарная доза.
9. Фон 1 + Комплекс аминокислот с микроэлементами - двойная доза.
10. Фон 1 + Комплекс аминокислот (1,0 л/т+1,0 л/га) - одинарная доза.
11. Фон 1 + Комплекс аминокислот - двойная доза.
12. Фон 2 + Комплекс хелатов микроэлементов – одинарная доза.
13. Фон 2 + Комплекс хелатов микроэлементов – двойная доза.
14. Фон 2 + Комплекс микроэлементов - одинарная доза.
15. Фон 2 + Комплекс микроэлементов - двойная доза.
16. Фон 2 + Комплекс аминокислот с микроэлементами - одинарная доза.
17. Фон 2 + Комплекс аминокислот с микроэлементами - двойная доза.
18. Фон 2 + Комплекс аминокислот - одинарная доза.
19. Фон 2 + Комплекс аминокислот - двойная доза.

Площадь делянки – 20 м², повторность в опыте четырехкратная.

Предпосевную обработку семян осуществляли методом протравливания. В фазах кушение-выход в трубку и цветение-начало колошения растения подкармливали растворами опытных удобрений с использованием ранцевого опрыскивателя марки Орион. Дозы удобрений приняты согласно установленным рекомендациям.

Растительные образцы отбирали через 10 дней после последней обработки.

Полученные данные обрабатывали методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [8].

Метеоусловия (2015 г.) в период от посева до ухода растений в состояние зимнего покоя (октябрь – декабрь) были недостаточно благоприятны по среднесуточной температуре воздуха, которая была существенно ниже средних многолетних данных (ноябрь - декабрь).

Период зимнего покоя (январь – середина марта) характеризовался значительными колебаниями температуры воздуха – от + 6,7°С до -4,9°С. Выпавшие осадки в этот период – дождь, мокрый снег с дождем. Снежный покров был незначительным и краткосрочным (3–7 дней).

Период от возобновления вегетации (середина марта 2016 г.) до уборки урожая был вполне благоприятным по метеоусловиям.

Результаты и их обсуждение. Исследования (табл. 1) показали, что применение в технологии возделывания озимой пшеницы инновационных удобрений для предпосевной обработки семян и двукратной некорневой подкормки растений в период вегетации способствовало существенному нарастанию площади листового аппарата, его работоспособности и продолжительности жизни листьев. На это указывают показатели количества и площади листьев у растений, как в фоновых, так и в опытных вариантах, которые значительно превышают таковые в контрольном варианте.

1. Нарастание листового аппарата растений озимой пшеницы по вариантам опыта (2015-2016 гг.)

Вариант опыта	Число листьев на растение	Площадь листьев, см ² /растение
Контроль (без обработки)	4,3	67,2
Фон 1 - $N_{50}P_{50}K_{50}$	4,6	72,4
Фон 2 - $N_{100}P_{100}K_{100}$	4,9	78,8
Фон 1 + Комплекс хелатов микроэлементов - одинарная доза	5,0	82,2
Фон 1 + Комплекс хелатов микроэлементов - двойная доза	5,2	86,6
Фон 1 + Комплекс микроэлементов - одинарная доза	4,9	79,3
Фон 1 + Комплекс микроэлементов - двойная доза	5,1	84,4
Фон 1 + Комплекс аминокислот с микроэлементами - одинарная доза	5,5	89,8
Фон 1 + Комплекс аминокислот с микроэлементами - двойная доза	5,2	84,8
Фон 1 + Комплекс аминокислот - одинарная доза	5,1	82,6
Фон 1 + Комплекс аминокислот - двойная доза	5,3	88,0
Фон 2 + Комплекс хелатов микроэлементов - одинарная доза	5,3	84,6
Фон 2 + Комплекс хелатов микроэлементов - двойная доза	5,5	91,2
Фон 2 + Комплекс микроэлементов - одинарная доза	5,1	83,2
Фон 2 + Комплекс микроэлементов - двойная доза	5,3	89,0
Фон 2 + Комплекс аминокислот с микроэлементами - одинарная доза	5,6	92,5
Фон 2 + Комплекс аминокислот с микроэлементами - двойная доза	5,4	86,0
Фон 2 + Комплекс аминокислот - одинарная доза	5,3	84,2
Фон 2 + Комплекс аминокислот - двойная доза	5,5	90,2
HCP ₀₅	0,2	4,0

К примеру, на растениях в контрольном варианте число листьев составляло 4,3, а их площадь – 67,2 см²/раст., а на фоне минеральных удобрений число и площадь листьев увеличивались и составляли: на фоне 1 ($N_{50}P_{50}K_{50}$) – 4,6 и 72,4 см²/раст.; на фоне 2 ($N_{100}P_{100}K_{100}$) – 4,9 и 78,8 см²/раст.

Более интенсивное нарастание листовой поверхности наблюдалось при применении опытных комплексов

сов в одинарной и двойной дозах. Так, число и площадь листьев у растений в этих вариантах были 5,1-5,5 и 79,3 - 89,8 см²/раст. на фоне 1 (N₅₀P₅₀K₅₀); на повышенном фоне 2 (N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀) – 5,3-5,6 и 83,2-92,5 см²/раст.

Влияние комплексов в одинарной и двойной дозах на растения было неоднозначным: интенсивность нарастания листовой поверхности достигала максимальных значений в варианте с применением комплекса аминокислот с микроэлементами в дозе 1,5 л/т/га на фоне 1 (N₅₀P₅₀K₅₀) и на фоне 2 (N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀) – 5,5-5,6 и 89,8-92,5 см²/раст. соответственно. Двойная доза этого комплекса (3,0 л/т/га) была менее эффективна – 5,2-5,4 и 84,8-86,0 см²/раст.

Учитывая, что в создании урожая основным процессом является фотосинтез, кратко остановимся на фотосинтетической деятельности озимой пшеницы в зависимости от исследуемого фактора.

В литературе немало данных, свидетельствующих, что более продуктивным может быть растение с менее интенсивным фотосинтезом, но при этом оно больше ассимилятов использует на образование листьев и формирует большую ассимиляционную поверхность.

Фотосинтетическая активность растения направлена на образование мощного листового аппарата, эффективность работы которого зависит от жизнедеятельности и активной жизнеспособности. Однако, в период после цветения, как правило, ускоряются старение листьев и их отмирание. Следовательно, скорость фотосинтеза определяется возрастом листьев.

Исследования показали, что комплексы микроэлементов и аминокислот эффективны, они обладают рострегулирующей активностью, могут продлить период фотосинтетической зрелости листьев и на некоторое время остановить преждевременное старение листьев, продлив их жизнеспособность.

Важным фактором, влияющим на деятельность фотосинтетического аппарата, является содержание хлорофилла (табл. 2), недостаток которого отражается на скорости фотосинтеза, старение листьев ускоряет разложение хлорофилла с последующим падением скорости фотосинтеза.

Данные таблицы 2 указывают на тот факт, что предпосевная обработка семян и двукратная обработка растений (1-я в фазе кущения – выход в трубку, 2-я – в фазе цветения – начало колошения) комплексами, сохраняя листья в активном состоянии более длительное время, способствовали повышению содержания хлорофилла.

Содержание хлорофилла в листьях колебалось от 4,69 до 5,70 мг/г в зависимости от степени обеспеченности растений элементами питания (фон 1, фон 2) и опытных агрохимикатов.

Минимальное количество хлорофилла наблюдалось в контрольном варианте – 4,58 мг/г сырого вещества. Внесение минеральных удобрений (фон 1 N₅₀P₅₀K₅₀ и фон 2 N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀) увеличивало содержания хлорофилла до 4,69 и 4,87 мг/г сырого вещества соответственно.

Обработка семян и проведение двух подкормок комплексом микроэлементов, комплексом хелатов микроэлементов, комплексом аминокислот с микроэлементами и комплексом аминокислот приводили к дальнейшему повышению содержания хлорофилла, при под-

кормке как одной, так и двойной дозами и колебалось от 5,47 до 5,70 мг/г сырого вещества.

2. Фотосинтетическая деятельность растений озимой пшеницы (полевой опыт, 2015-2016 гг.)

Вариант опыта	Продуктивность работы листьев, г/дм ²	Содержание хлорофилла (a+b), мг/г сыр. в-ва
Контроль (без обработки)	6,85	4,58
Фон 1 - N ₅₀ P ₅₀ K ₅₀	6,91	4,69
Фон 2 - N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	6,66	4,87
Фон 1+ Комплекс хелатов микроэлементов - одинарная доза	6,41	5,47
Фон 1+ Комплекс хелатов микроэлементов - двойная доза	6,39	5,55
Фон 1 + Комплекс микроэлементов - одинарная доза	6,49	5,58
Фон 1 + Комплекс микроэлементов - двойная доза	6,39	5,53
Фон 1+ Комплекс аминокислот с микроэлементами - одинарная доза	6,39	5,52
Фон 1 +Комплекс аминокислот с микроэлементами - двойная доза	6,47	5,47
Фон 1 + Комплекс аминокислот - одинарная доза	6,50	5,57
Фон 1 + Комплекс аминокислот - двойная доза	6,42	5,50
Фон 2 + Комплекс хелатов микроэлементов - одинарная доза	6,37	5,59
Фон 2 + Комплекс хелатов микроэлементов - двойная доза	6,22	5,68
Фон 2 + Комплекс микроэлементов - одинарная доза	6,41	5,60
Фон 2 + Комплекс микроэлементов - двойная доза	6,21	5,70
Фон 2+ Комплекс аминокислот с микроэлементами - одинарная доза	6,35	5,49
Фон 2 + Комплекс аминокислот с микроэлементами - двойная доза	6,43	5,52
Фон 2 + Комплекс аминокислот - одинарная доза	6,46	5,49
Фон 2 + Комплекс аминокислот - двойная доза	6,33	5,52

Содержание хлорофилла в листьях растений было максимальным в вариантах с применением двойных доз комплекса микроэлементов и комплекса хелатов микроэлементов на высоком агрофоне N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ – 5,70 мг/г. Вероятно, обусловлено это тем, что все входящие в состав опытных удобрений микроэлементы либо участвуют в синтезе хлорофилла, либо способствуют повышению содержания его в листьях озимой пшеницы.

Учитывая, что продуктивность работы листьев – это отношение их массы к площади, максимальное значение она достигает в период фотосинтетической зрелости листьев. Применение в технологии изучаемых агрохимикатов позволило замедлить процессы старения листьев и увеличить поступление накопленных ассимилятов в формирующиеся зерновки. В результате этого, отношение массы листьев к их площади уменьшилось, и значения продуктивности работы в опытных вариантах были более низкими, чем в контрольном.

Закключение. Таким образом, исследования показали, что на характер формирования листовой поверхности озимой пшеницы гомплексы микроудобрений и комплексы аминокислот оказали существенное влияние.

Применение комплекса аминокислот с микроэлементами (в дозе 1,5 л/т предпосевная обработка семян + 1,5 л/га двукратная подкормка растений в вегетацию) на высоком агрофоне ($N_{100}P_{100}K_{100}$) способствовало формированию мощного листового аппарата растений.

Содержание хлорофилла в листьях растений было максимальным в вариантах с применением двойных доз комплекса микроэлементов и комплекса хелатов микроэлементов на высоком агрофоне $N_{100}P_{100}K_{100}$.

Литература

1. Володько И.К. Микроэлементы и устойчивость растений к неблагоприятным факторам среды / И. К. Володько. – М.: Наука и техника, 1983. – 192 с.
2. Кибаленко А.П. Значение бора в метаболизме растительной клетки // Микроэлементы в обмене веществ растений. – Киев: Наукова думка, 1976. – С. 93-125.

3. Рудакова Э.В., Каракис К.Д. Значение цинка в регуляции ростовых процессов у растений. В сб.: Микроэлементы в обмене веществ растений. – Киев: Наукова думка, 1976. – С. 126-158.
4. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А. А. Ничипорович, Л. Е. Строганова, С. Н. Чмора, М. Н. Власова. – М., 1961. – 137 с.
5. Ничипорович А.А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений / А.А. Ничипорович. Физиология фотосинтеза. – М., 1982. – С. 7–34.
6. Островская Л.К. Физиологическая роль меди и основы применения медных удобрений. – Киев, 1961. – 285 с.
7. Шульгин И.А. Растение и солнце. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 252 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.
9. Практикум по физиологии растений/ Под ред. проф. Н.Н. Третьякова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.

INFLUENCE OF INNOVATIVE FORMS OF FERTILIZERS ON GROWTH OF LEAF APPARATUS AND ITS PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY

T.Yu. Voznesenskaya, T.M. Veryovkina

Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia

The results of tests on the effect of various complexes of micronutrients and amino acids on the formation of the photosynthetic apparatus of winter wheat are presented. It has been established that the growth rate of the leaf surface during the whole growing season reached maximum values under seed treatment and foliar nutrition with a complex of amino acids with trace elements on a high background of mineral fertilizers ($N_{100}P_{100}K_{100}$). When fertilizers are used, the growth of the photosynthetic potential of crops during the growing season of winter wheat occurs due to an increase in leaf area. Pre-sowing seed treatment contributed to an increase in plant photosynthetic activity in crops and an improvement in the dynamics of growth processes.

Keywords: innovative fertilizers, amino acid complex, microelements, winter wheat, photosynthetic activity, leaf assimilation surface, productive leaf work.

КОМПЛЕКС ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОИЗВОДСТВО И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ

Л.Н. Самойлов, к.б.н., Л.С. Чернова, к.с.-х.н., С.В. Трушкин, ВНИИ агрохимии

Работа выполнена по госзаданию № 0572-2014-0002

Показаны важность культуры пшеницы по многим параметрам и распределение удобрений по уровню внесения по регионам России. Описаны технологии возделывания зерновых культур различного типа и их возможности. Выделены доля сорта и его влияние на урожай и качество зерна пшеницы и вклад других факторов в формирование урожайности. Дана оценка как позитивным, так и негативным процессам, влияющим на урожай пшеницы и качество зерна. Представлено распределение пшеницы по классам в ее валовом сборе за 2010-2017 гг., дана более детально оценка за 2017 г. (по Федеральным округам). Приведены общие негативные закономерности, снижающие урожайность и качество пшеницы и других зерновых культур по регионам России.

Ключевые слова: пшеница, качество зерна, средства интенсификации, технологии, производство зерна, оптимизация питания.

DOI: 10.25680/S19948603.2018.105.04

Пшеница - ведущая зерновая культура мира. Она на 30% удовлетворяет суточную потребность организма человека в энергетическом материале и на 25% в белковых веществах [1]. В России возделывают озимую и яровую пшеницы. В валовом сборе преобладает озимая форма. Практическое значение имеют два вида пшеницы – мягкая и твердая. На долю мягкой пшеницы приходится более 95 % посевов. Важность пшеницы подтверждается следующими данными [2]:

- посевная площадь среди всех зерновых культур (2016-2017 гг.) – 59%;
- удельный вес в валовом сборе зерновых (2001-2017 гг.) – 57-62%;

- удельный вес в продукции растениеводства (2001-2015 гг.) – 34-37%;
- удельный вес в выручке от реализации (2001-2015 гг.) – 63-77%;
- удельный вес в экспорте зерна (2016-2017 гг.) – 78%.

Анализ литературных данных показал, что главнейшими производителями озимой и яровой пшеницы в России являются следующие регионы: Южный и Северо-Кавказский Федеральные округа; Центральное Черноземье; некоторые области Центра Нечерноземья; Республика Татарстан (мягкая пшеница); Оренбургская