

M.M. Vizirskaya<sup>1</sup>, S.V. Sherstobitov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> All-Russian Research Institute of Agricultural Chemistry named after D.N. Pryanishnikova, Pryanishnikova st, 31, Moscow, 127550, Russia, mvizir@gmail.com

<sup>2</sup> Governmental Agrarian University of Northern Ural, Respubliki st. 7, Tumen, 625003, Russia

The results of the application of foliar nutrition on spring wheat against the background of soil application of ammonium nitrate are presented. In the tillering phase, a water-soluble NPK fertilizer of grade 13-40-13 was applied at a dosage of 2.0 kg/ha, in the earing phase we applied grade 18-18-18 at a dosage of 2.0 kg/ha, this two applications led to yield increase at the rate 22.73 – 54.8%. The use of leaf fertilizing improves the structure of spring wheat, the length of plants is higher by 9.8 cm, the length of the ear by 0.9 cm, the number of grains in the ear – 1 pc., the weight of grain from one ear by 0.12 g, the mass of 1000 grains by 0.7 g, relative to the control variant.

Keywords: yield, spring wheat, ammonium nitrate, top dressing, grain quality, foliar nutrition.

УДК 633:57.045

DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.13

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА У ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Л.В. Осипова, д.б.н.<sup>1</sup>; И.В. Верниченко, д.б.н.<sup>2</sup>; Н.В. Пухальская, д.б.н.<sup>1</sup>;  
Т.Л. Курносова, к.б.н.<sup>1</sup>; И.А. Быковская<sup>1</sup>; А.С. Белабузов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

127434, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 31А, E-mail: legos4@yandex.ru

<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева», 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Изучено в вегетационных опытах влияние различной обеспеченности почвы минеральными элементами на интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ), активность синтеза фотосинтетических пигментов и продуктивность яровой пшеницы. Показано, что увеличение содержания подвижного фосфора в почве способствует к возрастанию окислительно-восстановительного статуса растений и повышению содержания каротиноидов. Внесение основных минеральных элементов (NPK) приводило к возрастанию уровня свободнорадикального окисления, активизации синтеза хлорофилла *b* и каротиноидов на всех почвах с различным содержанием подвижного фосфора, что положительно сказалось на ростовой функции зерновой продуктивности пшеницы.

Ключевые слова: яровая пшеница, минеральные элементы, фотосинтетические пигменты, свободнорадикальное окисление, продуктивность.

Для цитирования: Осипова Л.В., Верниченко И.В., Пухальская Н.В., Курносова Т.Л., Быковская И.А.; Белабузов А.С. Влияние минерального питания на интенсивность продукционного процесса у яровой пшеницы // Плодородие. – 2021. – №6. – С. 50-52. DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.13.

Глобальные атмосферные изменения, увеличение погодных аномалий вызвали повышенный интерес научного сообщества к изучению стрессоустойчивости сельскохозяйственных культур. Минеральное питание является основным фактором реализации продуктивного и адаптивного потенциала растений. В последние годы появились исследования о развитии окислительного стресса в растениях при недостатке и избытке минеральных элементов в корнеобитаемой среде [1-4].

Фосфор является неотъемлемым компонентом аминокислот, нуклеиновых кислот, фосфолипидов, макроэргических молекул (и других соединений) и используется всеми видами растений в одинаковых целях [5]. Ответные реакции на дефицит фосфора в среде хорошо изучены и наблюдаются на всех уровнях организации растения: от молекулярного до сортовых популяций. Определены механизмы сохранения в цитозоле постоянной концентрации фосфора при повышенном поступлении его в растение. Однако многие вопросы фосфорного питания остаются нерешенными.

**Цель исследований** – изучить влияние подвижного содержания фосфора в почве на разных уровнях обеспеченности основными минеральными элементами на физиолого-биохимический статус растений яровой пшеницы в критический период онтогенеза.

**Методика.** Вегетационные опыты с яровой пшеницей сорта Любава проводили на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с различным содержанием подвижного фосфора: 45, 82, 194 мг/кг, соответственно, в I, II, III почвах. Почвы характеризовались следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 1,39; 1,65; 1,68%; pH<sub>KCl</sub> – 4,52; 4,43; 5,58; гидролитическая кислотность – 1,71; 2,01; 1,88 мг-экв/100 г; сумма поглощенных оснований – 15,03; 15,26; 13,95 мг-экв/100 г; степень насыщенности основаниями – 89, 87, 86%. Содержание калия: 271, 242, 286 мг/кг, соответственно, в I, II, III почвах. Питательные соли вносили при закладке опыта из расчета NPK – 150, 100 и 100 мг/кг почвы. В контрольных вариантах растения выращивали на естественном фоне без внесения

элементов питания. В течение вегетации поддерживали оптимальный уровень водообеспеченности.

На VI этапе органогенеза в листьях верхнего яруса определяли физиолого-биохимические показатели: активность процессов перекисного окисления липидов (ПОЛ), как характеристику редокс-статуса растений, то есть интенсивности окислительно-восстановительных реакций, которую определяли на спектрофотометре Helios Omega UV-VIS по цветной реакции малонового диальдегида (МДА) – конечного продукта ПОЛ, с тиобарбитуровой кислотой, концентрацию МДА рассчитывали в мкМ на грамм сырой массы по молярной экстинкции ( $\varepsilon = 1,56 \cdot 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ):

$C = D / \varepsilon L m$ , где  $C$  – концентрация МДА, мкМ,  $D$  – оптическая плотность вытяжки из верхних листьев,  $\varepsilon$  – коэффициент молярной экстинкции,  $L$  – длина оптического пути, см (равна 1 см),  $m$  – масса навески, г.

Содержание фотосинтетических пигментов: хлорофиллов  $a$ ,  $b$  и каротиноидов определяли в 100%-ной ацетоновой вытяжке спектрометрическим методом при длинах волн 665, 649, 440, 5 нм соответственно. Перед выколашиванием определяли линейные размеры зачаточного колоса.

точного колоса. В фазе полной спелости оценивали зерновую продуктивность пшеницы.

Результаты опытов обработаны математически. Приведены среднеарифметические данные, стандартное отклонение которых не превышает 5% от средних значений.

**Результаты и их обсуждение.** Исследования проводили на трех почвах с различным содержанием подвижного фосфора, на естественном фоне и при внесении основных минеральных элементов (NPK). Установлено, что изменение концентрации подвижного фосфора с 45 до 194 мг/кг приводило к увеличению размера уже сформировавшегося, но еще не выколосившегося зачаточного колоса от 2 до 4,2 см (рис. 1). При этом возрастал пул фотосинтетических пигментов (табл. 1). Содержание хлорофиллов увеличивалось от 2,48 мг/г на первой почве до 3,03 мг/г на третьей почве, в основном за счет увеличения хлорофилла  $b$  и каротиноидов.

Повышение содержания подвижного фосфора приводило к повышению уровня свободнорадикального окисления, о чем свидетельствовало возрастание МДА (рис. 2). Повышение интенсивности физиолого-биохимических процессов связано с усилением генерации активных форм кислорода (АФК).

1. Влияние обеспеченности почвы минеральными элементами на содержание фотосинтетических пигментов, мг/г сырой массы

Почва	Фон					NPK				
	хлорофилл				каротиноиды	хлорофилл				каротиноиды
	$a$	$b$	$a/b$	$\Sigma ab$		$a$	$b$	$a/b$	$\Sigma ab$	
I	1,17	1,31	0,89	2,48	9,75	1,08	2,69	0,40	3,77	12,33
II	1,20	1,47	0,80	2,67	10,29	1,17	2,63	0,44	3,80	13,18
III	1,24	1,79	0,69	3,03	11,48	1,20	3,88	0,31	4,08	13,89

В последние годы показано, что АФК постоянно образуются в хлоропластах и митохондриях и являются нормальными продуктами жизнедеятельности клетки, выполняют сигнальную и регуляторную функции. Недостаток и их активная генерация вызывают нарушения метаболизма растений [6-8]. В условиях культивирования при отсутствии стрессового воздействия оценивали оптимальный уровень содержания МДА, возможно, ориентируясь на ростовую функцию. Так, на естествен-

ном фоне питания при увеличении подвижных форм фосфора возрастание содержания МДА сопровождалось ростом размеров зачаточного колоса. Поэтому можно считать, что негативного действия свободных радикалов не наблюдалось. Возможно, излишки АФК были нейтрализованы возросшим количеством хлорофилла  $b$  и каротиноидов, выполняющих наряду со светособирающей антиоксидантную функцию.

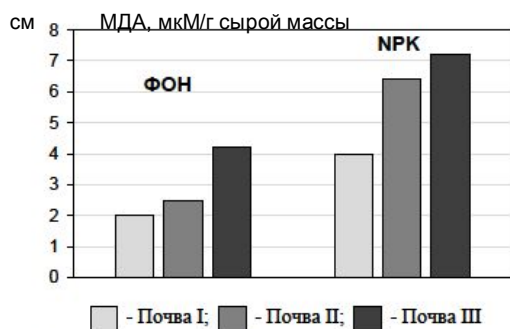


Рис. 1. Влияние обеспеченности растений минеральным питанием на линейные размеры зачаточного колоса

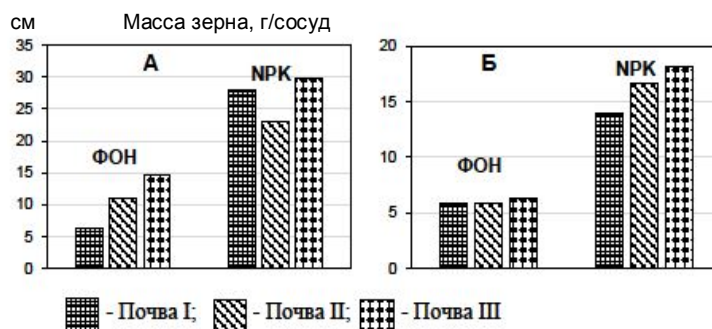


Рис. 2. Влияние содержания подвижного фосфора в почве и внесения NPK на редокс-статус (А) и продуктивность яровой пшеницы (Б)

Внесение во все изучаемые почвы минеральных элементов привело к значительной активизации физиолого-биохимических процессов: в 2 раза и более вырос зачаточный колос на почвах с различным содержанием подвижного фосфора (см. рис. 1). Возросло содержание фотосинтетических пигментов, в основном, в результате активации синтеза хлорофилла  $b$  и каротиноидов (см. табл. 1). При этом изменилось соотношение форм хлорофилла.

Синтез и распад молекул хлорофилла обеспечивают быструю приспособляемость к текущим условиям [9].

Изменение соотношения хлорофиллов  $a/b$  отражается на активности фотосинтетического аппарата, влияет на скорость накопления ассимилятов, рост и продуктивность.

При повышении фона питания уровень свободнорадикальных процессов так же возрос на всех изучаемых почвах. На естественном фоне без внесения NPK содержание МДА возрастало с увеличением подвижного фосфора в почве с 6,2 мкМ на фоне 45 мг/кг фосфора до 11,02 мкМ при 82 мг/кг и до 14,7 мкМ при максимальном содержании фосфора в почве (194 мг/кг).

На почвах, где вносили основные минеральные элементы (NPK), уровень свободнорадикального окисления возрос примерно до одинаковых величин. Возможно, активная генерация компенсировалась ростом низкомолекулярных антиоксидантов: каротиноидов и хлорофилла *b*. На высоком фоне питания сохранялась зависимость продуктивности пшеницы от содержания подвижных форм фосфора в почве (см. рис. 2). На естественном фоне различия по продуктивности не коррелировали с содержанием МДА. Больше всего зерна сформировалось на почве с максимальным содержанием подвижного фосфора: 6,3 г/растение.

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что в оптимальных условиях культивирования в растениях пшеницы в период формирования зачаточного колоса (VII этап органогенеза) обеспеченность минеральным питанием определяла интенсивность свободнорадикальных процессов и активность синтеза фотосинтетических пигментов. Увеличение содержания подвижного фосфора в почве приводило к повышению окислительно-восстановительного статуса растений и содержания хлорофилла *b* и каротиноидов на естественном фоне и при внесении NPK и коррелировало с интенсивностью роста колоса. На высоком фоне питания продуктивность пшеницы возрастала при повыше-

нии подвижности фосфора. На естественном фоне на I и II почвах сформировалась одинаковая масса зерна, на III почвенной разновидности зерновая продуктивность была выше.

#### Литература

1. Hächler M., Domann F.E. An epigenetic perspective on the free radical theory of development. *Free radic. biol. med.* 2007. V. 43. P. 1023-1036.
2. Кошкин Е.И., Гусейнов Г.Г. Экологическая физиология сельскохозяйственных культур. – М., 2020. – 576 с.
3. Mittler R. Oxidative stress antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science.* 2020. V. 7. is9. № 2. P. 405-410.
4. Прудников П.С., Голяева О.Д. Влияние дефицита калия на перекисное окисление липидов смородины красной /Сб. трудов конф. «Периодическая таблица химических элементов». – Орел, 2019. – С. 106-110.
5. Schachtman D.P., Reid R.J., Ayling S.M. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell /*Plant Physiol.* 1998. V. 116. P. 447-453.
6. Alshar R.G., Donahue J.L., Cramer C.L. Reactive oxygen species and antioxidant relationship in green cells /*Physiol. Plant.* 1997. V. 100. P. 224-233.
7. Прадедова Е.В., Нимаева Е.В., Салеев Р.К. Редокс-процессы в биологических системах // *Физиология растений.* – 2017. – Т. 64. – № 6. – С. 433-445.
8. Sies H. Oxidative stress a concept in redox biology and medicine /*Redox. Biol.* 2015. V. 4. P. 180-183.
9. Иванова Л.А., Ронжина Д.А. Сезонная динамика содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных и лесных растений // *Физиология растений.* – 2020. – Т. 67. – № 3. – С. 278-288.

UDK 633:57.045

THE INFLUENCE OF MINERAL NUTRITION ON THE INTENSITY OF THE PRODUCTION PROCESS IN SPRING WHEAT

L.V. Osipova, Dr. Sc. (Biol.)<sup>1</sup>; I.V. Vernichenko, Dr. Sc. (Biol.)<sup>2</sup>; N.V. Puhalskaya, Dr. Sc (Biol.)<sup>1</sup>; T.L. Kurnosova, C. Sc. (Biol.)<sup>1</sup>; I.A. Bykovskaya<sup>1</sup>; A.S. Belabusov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pryanishnikov Research Institute of Agricultural Chemistry, Federal Agency Research Organization, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550, Russia;

<sup>2</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ul. Timiryazevskay, 49, Moscow, 127550, Russia

*In vegetative experiments, the influence of different soil provision with mineral elements on the intensity of lipid peroxidation (POL), the activity of the synthesis of photosynthetic pigments and the productivity of spring wheat (Triticum aestivum L.) were studied. It is shown that an increase in the content of mobile phosphorus in the soil leads to an increase in the redox status of plants and an increase in the content of carotenoids. The introduction of basic mineral elements (NPK) led to an increase in the level of free radical oxidation, activation of the synthesis of chlorophyll b and carotenoids on all soils with different content of mobile phosphorus, which had a positive effect on the growth function of grain productivity of wheat.*

**Keywords:** spring wheat, mineral elements, photosynthetic pigments, free radical oxidation, productivity

УДК 631.811.98

DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.14

## ВЛИЯНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ УДОБРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ФОТОСИНТЕЗ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛИСТОВОГО АППАРАТА ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ

Т.Ю. Вознесенская, И.П. Можарова, к.с.-х.н.,  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии  
имени Д.Н. Прянишникова»

127434, Москва, ул. Прянишникова, 31А, Россия, [elgen@mail.ru](mailto:elgen@mail.ru)

Представлены данные о влиянии различных комплексов микроудобрений и комплексов аминокислот на продуктивность листового аппарата озимой пшеницы. Установлено, что продуктивность листовой поверхности в течение всей вегетации достигала максимальных значений при обработке семян и некорневых подкормках комплексом аминокислот с микроэлементами на высоком (N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>100</sub>) фоне минеральных удобрений. При применении комплексов в течение вегетации озимой пшеницы сорта Вершина возрастает фотосинтетический потенциал растений за счет увеличения площади листовой поверхности.

**Ключевые слова:** инновационные комплексы, комплекс аминокислот, микроэлементы, озимая пшеница, фотосинтез, ассимиляционная поверхность листьев, продуктивность листового аппарата.