

УДК 631: 633.11:631.8

doi: 10.30766/2072-9081.2018.64.3.70-74

## **Влияние осушения и применения минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы**

**А.И. Петрова, Ю.И. Митрофанов, Н.К. Первушина**

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель», п. Эммаус, Тверская область, Российская Федерация

*Представлены результаты исследований 2012-2017 гг. по изучению влияния различных норм минеральных удобрений и осушения на урожайность яровой пшеницы, водно-физические свойства почвы, питательный режим, биологическую активность, фотосинтетическую деятельность, оплату 1 кг д.в. прибавкой урожая в условиях Тверской области. Опыт заложен на осушаемой закрытым дренажом и неосушаемой дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в 3 вариантах: 1 – без удобрений, 2 – N45P45K45, 3 – N90P90K90. Наибольшие различия по водно-воздушному режиму на этих почвах наблюдались по влажности пахотного слоя и порозности аэрации, в среднем за вегетацию по итогам 6 лет на осушаемых они соответственно составили 65% наименьшей влагоемкости (НВ) и 28% объема почвы, на неосушаемых – 85 и 21%. Применение удобрений и повышение их норм оказало положительное влияние на содержание нитратного и аммиачного азота в пахотном слое почвы на обоих участках без особых различий по ним. Осушение и применение удобрений оказали благоприятное воздействие на показатели фотосинтетической деятельности и в целом на формирование урожая. Площадь листьев в 1 и 3 вариантах опыта, фотосинтетический потенциал отличались на участках в 2,3-2,9 раза, на осушаемых землях в среднем по вариантам опыта они были выше соответственно на 28 и 31%. В среднем по вариантам с внесением удобрений урожайность яровой пшеницы на осушаемом участке сформировалась больше на 0,6 т/га. Во 2 варианте с внесением удобрений, по сравнению с фоном без них, урожай повысился на осушаемом участке на 60%, неосушаемом – на 57%, увеличение нормы удобрений обеспечило прибавку соответственно участкам на 16 и 21%. Наибольшая оплата 1 кг д.в. удобрений урожайем на обоих участках была от внесения N45P45K45 – 9,8 кг зерна на осушаемом и 7,9 кг на неосушаемом.*

**Ключевые слова:** удобрения, водно-физические свойства, питательный режим, биологическая активность, фотосинтетическая деятельность, структура урожая яровой пшеницы, осушаемые и неосушаемые почвы

В последние годы ученые все настойчивее говорят о повсеместно возрастающей деградации почв и снижении их плодородия [1, 2, 3, 4, 5]. На осушаемых землях усилились такие деградационные процессы, как вторичное зарастание древесно-кустарниковой растительностью мелиорированных луговых угодий, закисление почв, снижение запасов гумуса и элементов минерального питания растений в пахотном слое почвы. В настоящее время уровень внесения органических удобрений около 1 т/га при норме для обеспечения бездефицитного баланса гумуса 9-10 т/га не может обеспечить стабилизацию и повышение почвенного плодородия. Поэтому необходим поиск альтернативных вариантов пополнения органического вещества в почве. Как установлено наукой и практикой, наиболее эффективные из них – введение в севообороты трав, применение сидеральных культур, использование соломы [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Хотя в стратегии адаптивной интенсификации земледелия предпочтение отдается биологическим факторам перед химическими, применение техногенных средств, а в их числе и минеральных удобрений, не игнорируется. Применение минеральных удобрений является одним из основных путей увеличения производства растениеводческой продукции на дерново-подзолистых почвах. Однако ограниченные ресурсы минеральных удобрений

обуславливают необходимость проведения исследований по установлению экономически и экологически целесообразных доз их внесения и максимально возможного использования питательных элементов из почвенных ресурсов. Поэтому в реализации данной стратегии важная роль отводится разработке эффективных систем дифференцированного применения удобрений.

**Цель исследований** – изучить влияние осушения и применения различных норм удобрений на формирование урожая яровой пшеницы.

**Материал и методы.** Опыт заложен на осушаемой закрытым дренажом (междренное расстояние 20 м, глубина заложения дрен 0,9-1,2 м) и неосушаемой почвах в трех вариантах: 1 – без удобрений, 2 – N45P45K45, 3 – N90P90K90 в 4-кратной повторности с размещением вариантов методом расщепленных делянок. Общая площадь делянок 2-го порядка 432 м<sup>2</sup>, учетная – 44. Почвы на обоих участках дерново-подзолистые легкосуглинистые глееватые среднекислые с высоким содержанием подвижного фосфора, повышенным обменного калия и гумуса – 2,23-2,38%. В опыте выращивался районированный в Тверской области сорт яровой пшеницы Иргина. Возделывание культуры осуществлялось по рекомендованным в зоне технологиям, за исключением изучаемых приемов, в плодосменном 4-польном сево-

обороте со следующим чередованием культур: яровая пшеница + клевер – клевер 1 г.п. – озимая рожь – картофель. Сопутствующие исследования, анализы и наблюдения в полевых опытах проводились по общепринятым в растениеводческой науке методикам опытного дела.

**Результаты и их обсуждение.** Климатические условия в годы исследований различались. 2012 год – теплый и влажный выше нормы соответственно в 1,2 и 1,6 раза (ГТК за апрель-сентябрь составил 2,50, средний многолетний – 1,92). Наблюдалось периодическое переувлажнение пахотного слоя почвы под

посевами культуры, более длительное на неосушаемом участке (табл. 1). 2013 год – более сухой и прохладный с неравномерным выпадением осадков (ГТК – 1,25). Влажность пахотного слоя почвы в течение вегетации, кроме фазы кущения (78% НВ), на осушаемом участке была ниже оптимальных значений, на неосушаемом иногда превышала их. 2014 год – теплый и сухой (ГТК – 0,98). Наблюдался недостаток влаги на обоих участках. 2015 год – теплый и влажный (ГТК – 1,52). 2016 год – теплый и менее влажный (ГТК – 1,39). 2017 – прохладный и влажный (ГТК – 1,94).

Таблица 1

**Влажность пахотного слоя на осушаемых и неосушаемых почвах, % НВ**

| Период                 | 2012 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Осушаемые              |         |         |         |         |         |         |
| В течение вегетации    | 79-126  | 22-63   | 18-50   | 47-80   | 46-83   | 68-93   |
| В среднем за вегетацию | 98      | 52      | 36      | 58      | 65      | 82      |
| Неосушаемые            |         |         |         |         |         |         |
| В течение вегетации    | 93-128  | 67-115  | 17-70   | 77-113  | 64-95   | 87-115  |
| В среднем за вегетацию | 109     | 90      | 51      | 84      | 81      | 96      |

В среднем за вегетацию по итогам 6-ти лет влажность пахотного слоя почвы на осушаемом участке составила 65% НВ, неосушаемом – 85%, общая порозность соответственно 48 и 49% объема почвы, аэрации – 28 и 21%, объемная масса почвы – 1,34 и 1,33 г/см<sup>3</sup>.

В опыте также были проведены исследования по выявлению влияния на среду обитания различных доз удобрений на осушаемых и неосушаемых почвах. Достаточно точное представление об активности микрофлоры почвы дает интенсивность разрушения растительного материала, которую определяли по разложению льняного полотна. В результате было выявлено, что на обоих участках при применении удобрений и повышении их норм процент разложения льняного полотна во все годы был выше по сравнению с вариантом без удобрений в среднем за 6 лет на осушаемых землях – в 1,6-2,4 раза, неосушаемых – в 2,3-3,7. Показатели биологической активности почвы были выше на неосушаемом участке в среднем по вариантам опыта в 1,8 раза.

При наблюдении за питательным режимом, в частности содержанием нитратного и аммиачного азота в пахотном слое почвы, было выявлено, что во все фазы развития растений различия по вариантам опыта на обоих участках сохраняются в пользу применения удобрений

и повышения их норм. Так, суммарное содержание в почве нитратного и аммиачного азота в среднем за вегетацию культуры в варианте без удобрений на обоих участках было очень низкое 6,5-6,6 мг/кг почвы, на 2-ом низкое – 13,1-14,1, на 3-ем среднее – 24,8-27,0.

Изучение формирования урожая культуры выявило особенности в зависимости от доз вносимых удобрений и осушения. Результаты исследований показали, что на обоих участках накопление биомассы яровой пшеницы во все годы наиболее активно проходило с повышением фона удобренности. В среднем за 6 лет в течение вегетации величина воздушно-сухой биомассы растений яровой пшеницы с 1 м<sup>2</sup> в крайних вариантах опыта на осушаемых почвах отличалась – в 1,8-2,3 раза и одного растения – в 1,4-2,0 раза, высота растений в начале ее на 14,1 см, в середине – на 21,3, в конце – на 19,4 см. Аналогично и на неосушаемых с более резкими различиями, соответственно показателям – в 2,1-2,3 и 2,3-2,6 раза, на 11,8 см, 37,3 и 36,8 см. На осушаемом участке по сравнению с неосушаемым эти показатели выше, в зависимости от фазы, в среднем по вариантам опыта высота растений от 4,6 до 8,5 см, воздушно-сухая масса растений с 1 м<sup>2</sup> – от 15 до 40% (в среднем 27), одного растения – от 28 до 45% (в среднем 35).

Формирование урожая зависит как от площади листьев, так и от времени их функционирования. Хорошими считаются посевы с ассимиляционной поверхностью за период интенсивного роста 30-40 тыс. м<sup>2</sup>/га, они создают оптимальные условия для формирования урожая зерна [13]. Показатели фотосинтетического потенциала (ФПП) позволяют дать оценку состояния посева как це-

лостной производительной системы по формированию урожая. Считают, что показатель более 1 млн м<sup>2</sup>/га дней способствует формированию высокой урожайности зерна [13]. Величина листовой поверхности в посевах яровой пшеницы в течение всей вегетации и показатели ФПП во все годы исследований также увеличивались с повышением фона удобренности (табл. 2).

Таблица 2

**Показатели фотосинтетической деятельности посевов яровой пшеницы и величина КПД ФАР в зависимости от доз удобрений и осушения в среднем за вегетацию (2012-2017 гг.)**

| Вариант       | Площадь листьев,<br>тыс. м <sup>2</sup> /га | ФПП,<br>млн. м <sup>2</sup> /га дн. | КПД ФАР, % |
|---------------|---|-------------------------------------|------------|
| Осушаемые     |   |                                     |            |
| Без удобрений | 14,4  | 0,92                                | 0,92       |
| N45P45K45     | 25,3  | 1,61                                | 1,41       |
| N90P90K90     | 33,4  | 2,09                                | 1,59       |
| В среднем     | 24,4  | 1,54                                | 1,31       |
| Неосушаемые   |   |                                     |            |
| Без удобрений | 9,7   | 0,62                                | 0,96       |
| N45P45K45     | 19,2  | 1,27                                | 1,20       |
| N90P90K90     | 28,2  | 1,64                                | 1,44       |
| В среднем     | 19,0  | 1,18                                | 1,20       |

В среднем за 6 лет площадь листьев на посевах яровой пшеницы в крайних вариантах опыта отличалась на осушаемом участке в 2,3 раза, на неосушаемом – в 2,9, фотосинтетический потенциал – соответственно участкам в 2,3 и 2,6 раза, хорошие показатели на обоих участках получили на 2 и 3 фонах (1,27-1,61 и 1,64-2,09 млн м<sup>2</sup>/га дней). На осушаемых почвах по сравнению с неосушаемыми величина листовой поверхности формировалась выше в зависимости от фазы развития по вариантам опыта на 13-110% (в среднем на 28), ФПП – на 31. Важный показатель фотосинтетической деятельности посева – использование фотосинтетически активной солнечной радиации (КПД ФАР). Посевы с КПД ФАР 1,5-3,0% считаются хорошими, 0,5-1,5% – обычно наблюдаемыми [13]. Расчеты показали, что эффективность использования ФАР посевами яровой пшеницы на обоих участках во все годы также возрастала с повышением фона удобренности. При величине прихода фотосинтетически активной солнечной радиации 2,3 млрд. ккал/га КПД ФАР в среднем за 6 лет на осушаемом участке в вариантах с внесением удобрений показатели были выше по сравнению с неосушаемым от 10,4 до 17,5%.

Урожайность яровой пшеницы в среднем за 6 лет сформировалась выше на осушаемом участке в варианте без удобрений на 0,34 т/га, на 2-ом – на 0,6, на 3-ем – на 0,55 т/га (табл. 3). Во 2-ом варианте с внесением удобрений по сравнению с фоном без них урожайность повысилась на осушаемом участке на 60%, на неосушаемом – на 57, увеличение нормы удобрений увеличило урожайность соответственно участкам на 16 и 21%. С повышением фона удобренности в лучшую сторону изменялись все продуктивные элементы структуры урожая на обоих участках. В варианте с внесением N90P90K90 по сравнению с вариантом без них количество продуктивных стеблей и зерен в колосе на осушаемом участке было больше на 104 шт./м<sup>2</sup> и 9,2 шт., масса 1000 зерен – на 3,2 г, на неосушаемом соответственно – на 68 и 12,2, 4,0.

Эффективность применения удобрений в посевах культур можно оценить, определив оплату 1 кг д.в. прибавкой урожая. В опыте по сравнению с вариантом без удобрений наибольшая оплата 1 кг д.в. удобрений урожаем яровой пшеницы на обоих участках получена от внесения N45P45K45 – 9,8 кг зерна на осушаемом и 7,9 кг на неосушаемом, от N90P90K90 соответственно 7,0 и 6,2 кг.

Таблица 3

**Основные элементы структуры урожая яровой пшеницы и урожайность в зависимости от доз удобрений и осушения (в среднем за 2012-2017 гг.)**

| Вариант                             | Количество продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup> | Число зерен в колосе, шт. | Масса 1000 зерен, г | Урожайность, т/га |
|-------------------------------------|---|---------------------------|---------------------|-------------------|
| <b>Осушаемые почвы</b>              |   |                           |                     |                   |
| Без удобрений                       | 426   | 24,4                      | 32,5                | 2,21              |
| N45P45K45                           | 487   | 31,0                      | 35,2                | 3,53              |
| N90P90K90                           | 530   | 33,6                      | 35,7                | 4,10              |
| В среднем                           | 481   | 29,7                      | 34,5                | 3,28              |
| <b>Неосушаемые почвы</b>            |   |                           |                     |                   |
| Без удобрений                       | 422   | 21,3                      | 30,4                | 1,87              |
| N45P45K45                           | 453   | 30,6                      | 33,5                | 2,93              |
| N90P90K90                           | 490   | 33,5                      | 34,4                | 3,55              |
| В среднем                           | 455   | 28,5                      | 32,8                | 2,78              |
| НСР <sub>05</sub> для любых средних |   |                           |                     | 0,35              |
| НСР <sub>05</sub> для удобрений     |   |                           |                     | 0,26              |
| НСР <sub>05</sub> для почвы         |   |                           |                     | 0,20              |

**Выводы.** Осушение и применение минеральных удобрений положительно повлияли на формирование урожайности яровой пшеницы. На осушаемом участке по сравнению с неосушаемым в варианте без применения удобрений она была выше на 0,34 т/га, на фонах N45P45K45 – на 0,60, N90P90K90 – на 0,55. Применение N45P45K45 по сравнению с вариантом без удобрений на осушаемом участке повысило урожайность на 60%, N90P90K90 – на 86%, на неосушаемом соответственно – на 57 и 90%. Наибольшая оплата 1 кг д.в. удобрений урожаем яровой пшеницы на обоих участках была от внесения N45P45K45 – 9,8 кг зерна на осушаемом и 7,9 кг – на неосушаемом.

#### Список литературы

1. Гулюк Г.Г. Нечерноземная зона ищет решение // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 5. С. 2-4.
2. Гулюк Г.Г., Семенов Н.А., Шуравилин А.В., Сурикова Н.В. Освоение долголетней залежи при возделывании сеяных злаковых трав // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 4. С. 19-23.
3. Кирейчева Л.В. Подходы к обоснованию размещения сельскохозяйственных мелиораций // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 4. С. 11-15.
4. Кирейчева Л.В. Мелиорация земель в России: планы и реальность // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 2. С. 2-5.

5. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. М.: Росинформагротех, 2014. 176 с.

6. Баздырев Г.И., Решетникова Н.Г. Эффективность элементов интенсификации земледелия в звене севооборота: сидеральный пар – озимая тритикале // Плодородие. 2012. № 3. С. 4-7

7. Лошаков В.Г. Эффективность совместного использования севооборота и удобрений // Плодородие. 2016. № 2. С. 37-41.

8. Сычев В.Г., Беличенко М.В., Романенков В.А. Результаты мониторинга урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности севооборотов и изменения свойств почв в длительных опытах географической сети // Плодородие. 2017. №6 (99). С. 2-5.

9. Беляк В.Б., Зеленин И.Н., Чернышов А.В. Эффективность сидеральных смесей // Земледелие. 2008. № 4. С. 28-29.

10. Тиранов Б.А., Тиранова Л.В. Сидеральные и занятые пары в севооборотах // Земледелие. 2008. № 3. С. 17.

11. Свинцов А.Г. Энергоемкость технологий внесения в почву зеленой массы сидератов и навоза // Земледелие. 2008. № 6. С.19-20.

12. Синих Ю.Н. Длительная пожнивная сидерация и фитосанитарное состояние почвы // Земледелие. 2008. № 6. С.27-28.

13. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур / Справочник. М.: Росагропромиздат, 1989. 368 с.

#### Сведения об авторах:

Петрова Лидия Ивановна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник,  
Митрофанов Юрий Иванович, кандидат с.-х. наук, зав. отделом,  
Первушина Наталья Константиновна, младший научный сотрудник

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт мелиорированных земель», п. Эммаус, д. 27, Тверская область, Российская Федерация, 170530, e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

**Effect of drainage and application of mineral fertilizers on the yield of spring wheat****L.I. Petrova, Yu.I. Mitrofanov, N.K. Pervushina***Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Settlement Emmaus, Tver Region, Russian Federation*

The article provides the results of the research carried out in 2012-2017. Studied was the effect of drainage and various rates of mineral fertilizers on the productivity of spring wheat, the water-physical properties of the soil, the nutritive regime, biological activity, photosynthetic activity, payback from 1 kg of active ingredient by increase in the yield in the Tver region. The experiment is laid on drained soil with closed drainage and non-drained sod-podzolic light loamy soil in three variants: 1 – without fertilizers, 2 –  $N_{45}P_{45}K_{45}$ , 3 –  $N_{90}P_{90}K_{90}$ . The greatest differences in the water-air regime on these soils were observed in the moisture content of the arable layer and the porosity of aeration. On the average, for 6 years of vegetation on the drained soils they accounted for 65% of the field moisture capacity and 28% of the soil volume, on non-drained soils – 85 and 21% respectively. The use of fertilizers and the increase in their rates had a positive effect on the content of nitrate and ammonia nitrogen in the plow layer of the soil in both areas without distinct differences in them. Dehumidification and application of fertilizers had a favorable effect on the photosynthetic activity and, in general, on the formation of the crop. Leaf area in the 1st and 3rd variants of the experiment, the photosynthetic potential differed 2.3-2.9 times on the plots. On the drained lands, on the average, by the variants of the experiment they were higher by 28 and 31% respectively. In terms of fertilizer options, on the average, the yield of spring wheat in the drained area was more than 0.6 t / ha. In the second variant of fertilizers, compared to the background without using them, the yield increased by 60% in the drained area, and by 57% in the non-drained area, and the increase in the fertilizer rate ensured an increase on the plots by 16% and 21%, respectively. The largest payback from 1 kg of active ingredient by the yield was recorded on both plots as the result of  $N_{45}P_{45}K_{45}$  application – 9.8 kg of grain on drained plot and 7.9 on non-drained one.

**Key words:** fertilizers, water-physical properties, nutritive regime, biological activity, photosynthetic activity, structure of spring wheat yield, drained and non-drained soil

**References**

1. Gulyuk G.G. *Nechernozemnaya zona ishchet reshenie*. [Non-Chernozem zone is looking for a solution]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo*. 2017. no. 5. pp. 2-4.
2. Gulyuk G.G., Semenov N.A., Shuravilin A.V., Surikova N.V. *Osvoenie dolgoletney zalezhi pri vozdeleyvaniy sevyanykh zlakovykh trav*. [Development of a long-term fallow in the cultivation of sown cereal grasses]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo*. 2017. no. 4. pp. 19-23.
3. Kireycheva L.V. *Podkhody k obosnovaniyu razmeshcheniya sel'skokhozyaystvennykh melioratsiy*. [Approaches to the substantiation of the location of agricultural land reclamation]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo*. 2017. no. 4. pp. 11-15.
4. Kireycheva L.V. *Melioratsiya zemel' v Rossii: plany i real'nost'*. [Land reclamation in Russia: plans and reality]. *Melioratsiya i vodnoe khozyaystvo*. 2013. no. 2. pp. 2-5.
5. *Doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya*. [Report on the status and use of agricultural land]. Moscow: Rosinformagrotekh, 2014. 176 p.
6. Bazdyrev G.I., Reshetnikova N.G. *Effektivnost' elementov intensifikatsii zemledeliya v zvene sevooborota: sideral'nyy par – ozimaya tritcale*. [Efficiency of elements of intensification of agriculture in the crop rotation link: green fallow - winter tritcale]. *Plodородie*. 2012. no. 3. pp. 4-7.
7. Loshakov V.G. *Effektivnost' sovmestnogo ispol'zovaniya sevooborota i udobreniy*. [Efficiency of the joint use of crop rotation and fertilizers]. *Plodородie*. 2016. no. 2. pp. 37-41.
8. Sychev V.G., Belichenko M.V., Romanenkov V.A. *Rezultaty monitoringa urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur, produktivnosti sevooborotov i izmeneniya svoystv pochv v dlitel'nykh opytakh geograficheskoy seti*. [Results of monitoring the productivity of agricultural crops, the productivity of crop rotations and changes in soil properties in long-term experiments of the geographic network]. *Plodородie*. 2017. no.6 (99). pp. 2-5.
9. Belyak V.B., Zelenin I.N., Chernyshov A.V. *Effektivnost' sideral'nykh smesey*. [Efficiency of green mixtures]. *Zemledelie*. 2008. no. 4. pp. 28-29.
10. Tiranov B.A., Tiranova L.V. *Sideral'nye i zanyatyie pary v sevooborotakh*. [Green and sown fallows in crop rotations]. *Zemledelie*. 2008. no. 3. p. 17.
11. Svintsov A.G. *Energoemkost' tekhnologiy vneseniya v pochvu zelenoy massy sideratov i navoza*. [Energy intensity of technologies for introducing green mass of green manure crops and dung into the soil]. *Zemledelie*. 2008. no. 6. pp.19-20.
12. Sinikh Yu.N. *Dlitel'naya pozhnivnaya sideratsiya i fitosanitarnoe sostoyanie pochvy*. [Long-term stubble manuring and phytosanitary condition of the soil]. *Zemledelie*. 2008. no. 6. pp.27-28.
13. Kayumov M.K. *Programmirovaniye produktivnosti polevykh kul'tur: spravochnik*. [Programming the productivity of field crops: The manual]. Moscow: Rosagropromizdat, 1989. 368 p.

**Information about the authors:**

L.I. Petrova, PhD in Agriculture, leading researcher,

Y.I. Mitrofanov, PhD in Agriculture, Head of the Department, N.K. Pervushina, junior researcher

Federal State Budgetary Scientific Institution All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Settlement Emmaus, 7, Kalininsky District, Tver Region, Russian Federation, 170530, e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru