

**А. В. Федюшкин, А. В. Парамонов, С. В. Пасько**

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация

## **ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПЕРИОДА ВЕГЕТАЦИИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ**

**Цель:** выявить влияние минеральных удобрений и гидротермических условий вегетационного периода на урожайность и содержание белка в зерне яровой пшеницы.

**Материалы и методы.** Исследования проводились в Аксайском районе Ростовской области на опытном поле Федерального Ростовского аграрного научного центра (ФРАНЦ). Объекты исследований – урожайность и содержание белка в зерне яровой пшеницы, а также дозы минеральных удобрений. Закладка опытов, учеты и математическая обработка полученных данных проводились по Б. А. Доспехову. **Результаты.** В результате проведения исследований установлено, что применение минеральных туков приводит к достоверному увеличению урожайности яровой пшеницы вне зависимости от влагообеспеченности вегетационного периода, максимальная прибавка получена при внесении  $N_{60}P_{30}K_{60}$ . Применение минеральных удобрений приводит не только к увеличению урожайности, но и к усилению ее зависимости от гидротермических условий периода вегетации. Анализ данных с помощью множественного коэффициента корреляции показал, что в вариантах с применением минеральных удобрений наблюдалась тесная прямая связь между урожайностью, ГТК и суммой выпавших осадков ( $r = 0,79 \dots 0,88$  по вариантам опыта), в то время как в контрольном варианте она была средней по силе влияния ( $r = 0,63 \dots 0,64$ ). На накопление белка в зерне яровой пшеницы влияет совокупное действие метеорологических условий вегетационного периода и применяемых минеральных туков. Максимальное влияние ГТК и суммы осадков, выпавших в период вегетации, на содержание белка в зерне пшеницы было получено при внесении  $K_{60}$  (параметр составил соответственно 53,7 и 51,8 %).

**Выводы.** Применение минеральных туков позволяет существенно увеличить урожайность яровой пшеницы и регулировать содержание белка в зерне, уменьшая влияние гидротермических условий вегетационного периода. Наилучшие результаты получены при внесении  $N_{60}P_{30}K_{60}$ , что позволяет снизить негативное действие метеорологических условий и увеличить урожайность на 9,3–92,8 % по сравнению с контрольным вариантом.

**Ключевые слова:** гидротермический коэффициент; яровая пшеница; урожайность; содержание белка; минеральные удобрения.

**A. V. Fedyushkin, A. V. Paramonov, S. V. Pasko**

Federal Rostov Agricultural Research Center, Rassvet, Russian Federation

## **INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS AND HYDROTHERMAL CONDITIONS OF THE VEGETATION PERIOD ON YIELD AND QUALITY OF SPRING WHEAT GRAIN**

**Purpose:** to reveal the influence of mineral fertilizers and hydrothermal conditions of the growing season on the yield and protein content in the spring wheat grain. **Materials and methods.** The research was carried out in Aksai district of Rostov region on the experimental



field of Federal Rostov Agrarian Scientific Center (FRANTS). The objects of research are the yield and protein content in spring wheat grain, as well as the dose of mineral fertilizers. Testing, accounting and mathematical processing of the data obtained were carried out according to B. A. Dospekhov. **Results.** As a result of the research, it was found that the application of mineral fertilizers leads to a significant increase in the yield of spring wheat, regardless of the moisture supply of the growing season, the maximum increase was obtained with the introduction of  $N_{60}P_{30}K_{60}$ . The application of mineral fertilizers leads not only to an increase in yield, but also to an increase in its dependence on the hydrothermal conditions of the growing season. Data analysis using a multiple correlation coefficient showed that in the variants with the mineral fertilizers application there was a close direct relationship between the yield, SCC and the amount of precipitation ( $r = 0.79...0.88$  according to the variants of the experiment), while in the control variant it was average in terms of influence ( $r = 0.63...0.64$ ). The accumulation of protein in spring wheat grain is influenced by the combined effect of the meteorological conditions of the growing season and the mineral fertilizers used. The maximum effect of the SCC and the amount of precipitation that fell during the growing season on the protein content in wheat grain was obtained with the introduction of  $K_{60}$  (the parameter was 53.7 and 51.8 %, respectively). **Conclusions.** The application of mineral fertilizers can significantly increase the yield of spring wheat and regulate the protein content in grain, reducing the influence of the hydrothermal conditions of the growing season. The best results were obtained with the introduction of  $N_{60}P_{30}K_{60}$ , which makes it possible to reduce the negative effect of meteorological conditions and increase the yield by 9.3–92.8 % in comparison with the control variant.

**Key words:** hydrothermal coefficient; spring wheat; yield; protein content; mineral fertilizers.

**Введение.** Влияние климатических условий на произрастание той или иной культуры является бесспорным фактом. В настоящий период в связи с потеплением климата их воздействие будет усиливаться по всему земному шару [1–3].

Анализ многолетних исследований показал, что на урожайность ранних яровых культур, и яровой пшеницы в частности, в первую очередь оказывают воздействие погодные условия [3, 4], а затем такие агротехнические приемы, как внесение удобрений и состав севооборота [5–7].

Ростовская область является одним из ведущих регионов РФ по производству зерна. При этом гидротермические условия вегетационного периода в области характеризуются существенным колебанием температуры воздуха при недостаточном количестве выпадающих осадков, что оказывает существенное влияние на урожайность. Эффективность применения минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы в богарных условиях в Ростовской области в значительной степени зависит от тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода [6, 7], следова-

тельно, для стабилизации производства растениеводческой продукции необходимо применять удобрения с учетом влияния погодных условий на возделываемую культуру.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в Аксайском районе Ростовской области на опытном поле ФГБНУ ФРАНЦ. Объектами исследований являлись урожайность и содержание белка в зерне яровой пшеницы, возделываемой после люцерны второго года использования, а также дозы минеральных удобрений. Технология возделывания культуры общепринятая в зоне. В опыте использовали сорта яровой пшеницы селекции ФГБНУ ФРАНЦ.

Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным, гранулометрический состав тяжелосуглинистый, местами легкоглинистый. Мощность гумусового горизонта 75–100 см, содержание гумуса 3,6–4,0 % [8]. Содержание валового азота 0,22–0,24, общего фосфора 0,17–0,18, калия 2,3–2,4 %, минерального азота и подвижного фосфора низкое, обменного калия повышенное [7].

Климат зоны континентальный, умеренно жаркий. Годовая температура воздуха составляет в среднем 9,6 °С, сумма температур 3200–3400 °С. Продолжительность теплого периода 230–260 дней, безморозного 175–180 дней. Среднегодовое количество осадков составляет 500 мм, за теплый период их выпадает до 300 мм.

Схема внесения удобрений: I – контроль; II – N<sub>60</sub>; III – P<sub>30</sub>; IV – K<sub>60</sub>; V – N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>; VI – N<sub>30</sub>; VII – N<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; VIII – P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>; IX – N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>. Фосфорные удобрения и калийные KCl (60 %) вносили под основную обработку, азотные – под основную и в подкормку в виде аммиачной селитры (34,5 %) в фазе кущения и выхода в трубку.

Закладку опытов, учеты и математическую обработку данных проводили по Б. А. Доспехову [9]. Метод размещения делянок систематический. Посевная площадь 52,5 м<sup>2</sup>, учетная – 25 м<sup>2</sup>. Повторность трехкратная. Расчет ГТК осуществлялся по Г. Т. Селянинову [10].

**Результаты и обсуждение.** Ростовская область относится к зоне неустойчивого увлажнения, что делает количество выпавших осадков фактором, лимитирующим величину урожайности любой сельскохозяйственной культуры. Одним из показателей, позволяющих определить обеспеченность растений влагой, является ГТК, определяемый по методике Г. Т. Селянинова.

Результаты расчета ГТК вегетационного периода яровой пшеницы в годы проведения исследований представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Гидротермические показатели вегетационного периода яровой пшеницы**

| Год  | Сумма осадков, мм | Сумма активных температур, °С | ГТК  |
|------|-------------------|-------------------------------|------|
| 2007 | 60,0              | 1932                          | 0,31 |
| 2008 | 148,0             | 1689                          | 0,88 |
| 2009 | 96,0              | 1802                          | 0,53 |
| 2010 | 203,5             | 1989                          | 1,02 |
| 2011 | 248,0             | 1590                          | 1,56 |
| 2012 | 137,6             | 1685                          | 0,82 |
| 2013 | 36,5              | 1904                          | 0,19 |
| 2014 | 203,3             | 1782                          | 1,14 |
| 2015 | 240,5             | 1749                          | 1,38 |
| 2016 | 175,8             | 1732                          | 1,02 |
| 2017 | 165,8             | 1528                          | 1,09 |
| 2018 | 41,6              | 1854                          | 0,22 |

Согласно полученным данным, в 2007, 2013 и 2018 гг. вегетационный период характеризовался как сухой, 2009 г. был очень засушливым, два года – засушливыми (2008, 2012 гг.), четыре – слабозасушливыми (2010, 2014, 2016 и 2018 гг.). В сухие годы количество осадков, выпавших за период вегетации изучаемой культуры, не превышало 60 мм, а величина ГТК колебалась в пределах 0,19–0,31. Наибольшей влагообеспеченностью характеризовались 2011 и 2015 гг. За период вегетации яровой пшеницы выпадало 240,5–248,0 мм атмосферных осадков, при этом сумма эффективных температур составляла от 1590 до 1749 °С, а ГТК находился в пределах 1,38–1,56.

Наиболее точным показателем, характеризующим эффективность

применения того или иного агротехнического приема, является урожайность возделываемой культуры. В период проведения исследований внесение минеральных туков существенно увеличивало урожайность яровой пшеницы (таблица 2).

**Таблица 2 – Урожайность яровой пшеницы**

В ц/га

| Вариант   | Год исследования |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|   | 2007             | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Контроль  | 15,2             | 24,8 | 18,7 | 18,6 | 25,0 | 15,3 | 11,1 | 17,6 | 23,6 | 24,1 | 16,9 | 16,2 |
| N <sub>60</sub>                                 | 18,2             | 27,7 | 22,0 | 24,2 | 30,6 | 26,8 | 17,7 | 22,8 | 28,4 | 29,1 | 22,9 | 18,8 |
| P <sub>30</sub>                                 | 17,8             | 28,0 | 20,8 | 23,6 | 28,9 | 23,1 | 18,0 | 24,3 | 26,4 | 27,6 | 19,1 | 18,5 |
| K <sub>60</sub>                                 | 16,2             | 27,4 | 20,6 | 20,1 | 26,6 | 19,7 | 17,6 | 23,7 | 25,3 | 26,2 | 17,4 | 17,0 |
| N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>                 | 17,6             | 21,1 | 22,1 | 24,0 | 33,8 | 26,5 | 18,5 | 25,1 | 32,2 | 33,4 | 25,1 | 20,3 |
| N <sub>30</sub>                                 | 17,9             | 23,5 | 23,5 | 22,7 | 31,2 | 28,6 | 17,2 | 23,7 | 26,8 | 27,2 | 19,8 | 18,9 |
| N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                 | 17,9             | 24,6 | 23,2 | 23,8 | 33,2 | 25,5 | 17,7 | 23,3 | 30,7 | 31,2 | 23,6 | 20,2 |
| P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>                 | 16,8             | 25,8 | 21,2 | 22,0 | 28,6 | 23,3 | 18,5 | 24,8 | 29,6 | 30,1 | 21,8 | 18,2 |
| N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> | 18,3             | 27,1 | 24,2 | 27,9 | 35,1 | 35,0 | 21,4 | 27,7 | 34,7 | 35,8 | 29,6 | 21,9 |
| НСР <sub>05</sub>                               | 1,8              | 2,4  | 1,9  | 1,5  | 2,1  | 2,7  | 2,4  | 3,3  | 2,2  | 2,4  | 1,7  | 2,1  |

Урожайность в зависимости от варианта применения удобрений и года исследований изучаемой культуры колебалась в широких пределах (от 16,2 до 35,8 ц/га). Применение минеральных туков приводило к достоверному увеличению урожайности яровой пшеницы, при этом максимальная прибавка была получена при внесении N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>, что позволяло повысить урожайность на 9,3–92,8 %.

Различия в гидротермических показателях периода вегетации оказывали существенное влияние на урожай яровой пшеницы как на контроле, так и в вариантах с применением минеральных туков. Так, в наиболее сухие по влагообеспеченности годы (ГТК до 0,4) урожайность изучаемой культуры на естественном фоне плодородия в среднем составила 14,8 ц/га. С ростом ГТК происходило увеличение урожайности. В годы с ГТК, равным 0,7–1,0, данный показатель составил в среднем 20,1 ц/га, а в наиболее влажные годы – 24,3 ц/га. Аналогичная тенденция была отмечена и в вариантах с применением минеральных удобрений.

Отмечалось, что в годы с ГТК, равным 0,19–0,31 (2007, 2013 и 2018 гг.),

достоверных различий в эффективности применения азотных, фосфорных и калийных удобрений как по отдельности, так и в различных их сочетаниях, кроме полного минерального удобрения в дозе  $N_{60}P_{30}K_{60}$ , не наблюдалось. Данный факт объясняется критически низким количеством осадков, выпавших за вегетационный период яровой пшеницы, что, видимо, не позволяло растениям эффективно использовать элементы питания из вносимых удобрений.

Проведенный анализ данных с помощью множественного коэффициента корреляции показал, что в контрольном варианте между урожайностью яровой пшеницы, суммой выпавших осадков и ГТК существует прямая средняя связь, а с суммой активных температур обратная слабая связь (таблица 3). Применение минеральных туков приводит не только к увеличению урожайности яровой пшеницы, но и к усилению зависимости данного показателя от метеорологических условий периода вегетации.

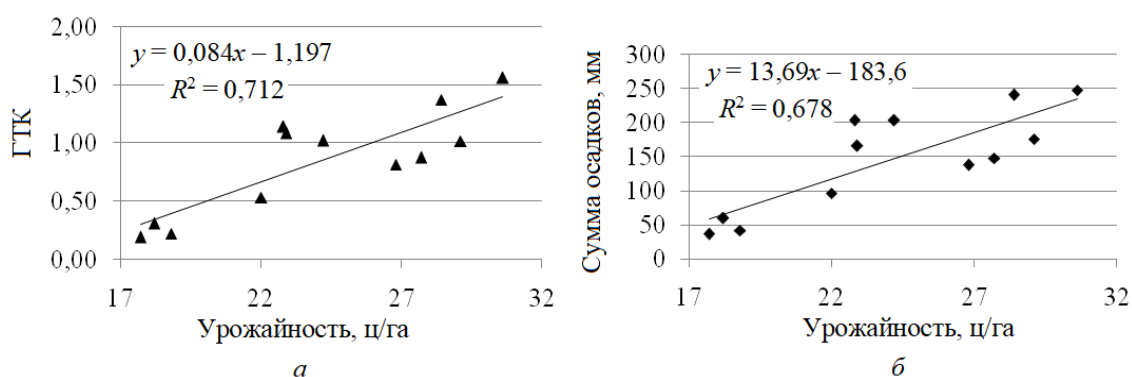
**Таблица 3 – Коэффициенты корреляции ( $r$ ) урожайности яровой пшеницы и гидротермических показателей периода вегетации**

| Показатель                    | Вариант  |          |          |          |                |                |                |                      |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------------|
|                               | контроль | $N_{60}$ | $P_{30}$ | $K_{60}$ | $N_{60}P_{30}$ | $N_{60}K_{60}$ | $P_{30}K_{60}$ | $N_{60}P_{30}K_{60}$ |
| Сумма осадков, мм             | 0,63     | 0,82     | 0,80     | 0,80     | 0,82           | 0,86           | 0,85           | 0,81                 |
| Сумма активных температур, °С | -0,37    | -0,60    | -0,42    | -0,42    | -0,55          | -0,58          | -0,53          | -0,63                |
| ГТК                           | 0,64     | 0,84     | 0,79     | 0,79     | 0,84           | 0,88           | 0,86           | 0,84                 |

Так, в вариантах с применением минеральных удобрений наблюдалась тесная прямая связь между урожайностью, ГТК и суммой выпавших осадков ( $r = 0,79...0,88$  по вариантам опыта), в то время как связь между урожайностью и суммой активных температур была обратной и средней по силе влияния ( $r$  от минус 0,42 до минус 0,63).

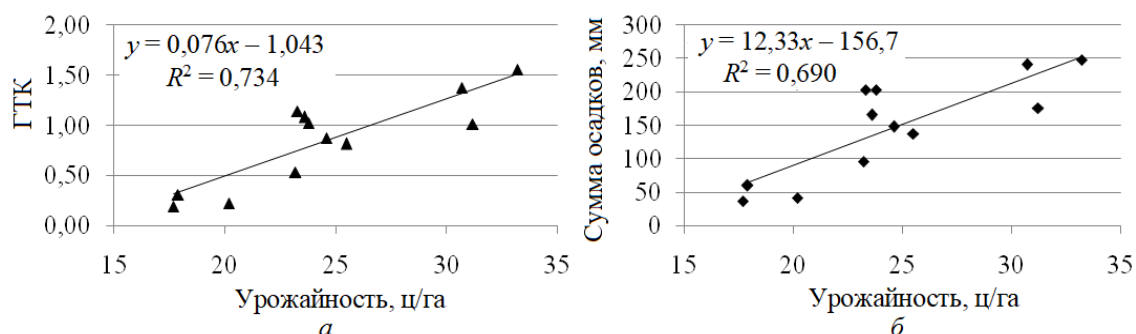
Таким образом, урожайность непосредственно зависела от гидротермических условий периода вегетации, ключевым фактором, влияющим на увеличение продуктивности посевов при применении минеральных удобрений, являлось количество выпавших за вегетационный период осадков.

Поскольку между урожайностью, ГТК и суммой выпавших осадков в вариантах с удобрениями прослеживается прямая сильная взаимосвязь, был проведен регрессионный анализ данных величин. Графики, построенные по уравнению регрессии между двумя переменными, показывают, что увеличение урожайности при внесении  $N_{60}$  на 71,2 % зависит от величины ГТК и на 67,8 % от суммы осадков в период вегетации (рисунок 1). Влияние суммы активных температур при этом составляло 35,5 %.



**Рисунок 1 – Зависимость урожайности яровой пшеницы от ГТК (а) и суммы осадков, выпавших за период вегетации (б) (вариант  $N_{60}$ )**

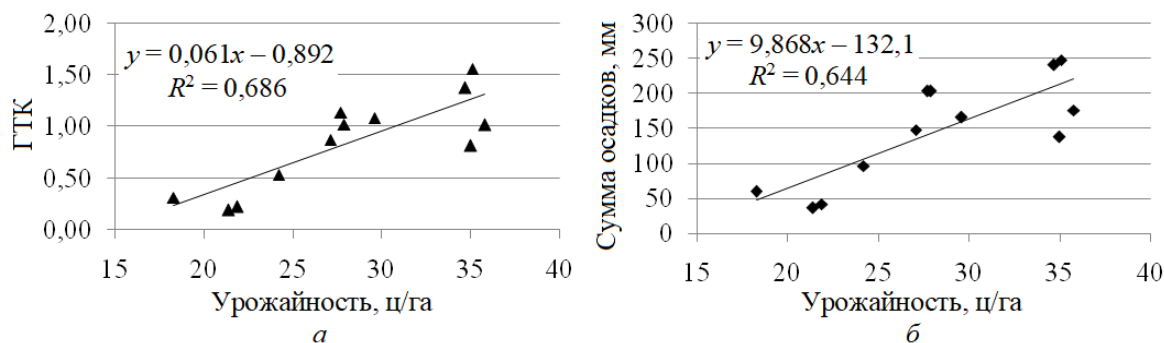
При совместном применении азотных и калийных удобрений в дозе 60 кг д. в. зависимость урожайности от ГТК возростала до 73,4 %, а от суммы осадков до 69,0 % (рисунок 2). Влияние суммы температур при этом снижалось до 33,9 %.



**Рисунок 2 – Зависимость урожайности яровой пшеницы от ГТК (а) и суммы осадков, выпавших за период вегетации (б) (вариант  $N_{60}K_{60}$ )**

При внесении полного минерального удобрения в дозе  $N_{60}P_{30}K_{60}$  влияние ГТК и осадков на урожайность снижалось, составив соответственно 68,6 и 64,4 % (рисунок 3). Данный эффект, видимо, был связан

с более эффективным водопотреблением растений пшеницы при применении полного минерального удобрения, это позволяло сократить расход продуктивной влаги на формирование урожая, что подтверждается проведенными ранее исследованиями [7]. Влияние суммы активных температур при этом возрастало до 40,0 %.



**Рисунок 3 – Зависимость урожайности яровой пшеницы от ГТК (а) и суммы осадков, выпавших за период вегетации (б) (вариант N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub>)**

Вносимые удобрения и погодные условия также оказывали существенное влияние на содержание белка в зерне яровой пшеницы (таблица 4). В большинстве лет исследований минимальные значения данного показателя обнаруживались в контрольном варианте опыта, а получение максимальных зависело от влагообеспеченности вегетационного периода и применяемых удобрений. Так, в годы с наименьшим значением показателя ГТК (2007, 2008 и 2018 гг.) максимальное содержание белка в зерне яровой пшеницы наблюдалось при внесении только калийных удобрений.

**Таблица 4 – Содержание белка в зерне яровой пшеницы**

В %

| Вариант   | Год исследования |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|   | 2007             | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Контроль  | 16,4             | 16,6 | 12,8 | 12,7 | 12,9 | 16,4 | 16,2 | 13,6 | 12,9 | 13,5 | 16,2 | 13,8 |
| N <sub>60</sub>                                 | 17,3             | 17,5 | 18,0 | 16,8 | 14,7 | 16,8 | 17,2 | 16,5 | 14,3 | 16,4 | 16,8 | 16,4 |
| P <sub>30</sub>                                 | 16,4             | 18,0 | 14,3 | 17,7 | 13,1 | 16,8 | 17,5 | 17,6 | 13,1 | 17,4 | 17,7 | 16,7 |
| K <sub>60</sub>                                 | 19,2             | 18,4 | 16,6 | 16,6 | 13,9 | 16,5 | 18,1 | 16,3 | 13,6 | 16,3 | 16,8 | 16,8 |
| N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>                 | 16,0             | 17,1 | 16,9 | 18,5 | 14,0 | 16,6 | 16,8 | 17,3 | 13,8 | 17,9 | 18,2 | 16,5 |
| N <sub>30</sub>                                 | 18,2             | 18,4 | 17,4 | 17,7 | 15,0 | 16,4 | 18,0 | 17,8 | 14,7 | 17,5 | 17,9 | 16,4 |
| N <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                 | 16,9             | 17,9 | 15,7 | 18,0 | 15,9 | 16,5 | 17,6 | 17,9 | 15,6 | 17,7 | 18,1 | 16,4 |
| P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>                 | 17,8             | 18,0 | 13,1 | 16,3 | 14,9 | 16,0 | 17,8 | 16,2 | 14,7 | 16,2 | 16,5 | 15,9 |
| N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub> | 15,9             | 17,6 | 16,9 | 16,6 | 14,8 | 17,0 | 17,2 | 16,5 | 14,5 | 16,4 | 16,8 | 16,8 |



С ростом значений ГТК вегетационного периода изменялись и дозировки удобрений, при внесении которых получали наибольшие значения содержания белка в зерне. Так, в годы со слабозасушливым вегетационным периодом (2010, 2016 и 2017 гг.) наилучший результат давало совместное применение азотных и фосфорных удобрений в дозе  $N_{60}P_{30}$ . Содержание белка в этом случае находилось в пределах 17,9–18,5 %. При ГТК более 1,1 (2014, 2011 и 2015 гг.) максимальное значение данного показателя было получено при совместном применении азотных и калийных удобрений в дозе  $N_{60}K_{60}$ .

Проведенный анализ данных с помощью коэффициентов корреляции показал наличие слабой отрицательной связи между содержанием белка, урожайностью, суммой осадков и ГТК в период вегетации на контроле (таблица 5). В вариантах с внесением  $P_{30}$ ,  $N_{60}P_{30}$  и  $P_{30}K_{60}$  наблюдалась аналогичная ситуация. Исключение составили варианты с применением  $N_{60}$  и  $K_{60}$ , в которых наблюдалась сильная отрицательная связь между содержанием белка в зерне яровой пшеницы, суммой выпавших осадков и ГТК и средняя отрицательная взаимосвязь по урожайности. В варианте с внесением  $N_{60}K_{60}$  взаимосвязи с гидротермическими показателями отсутствовали. При применении полного минерального удобрения наблюдалась средняя отрицательная связь между содержанием белка в зерне, суммой осадков и ГТК.

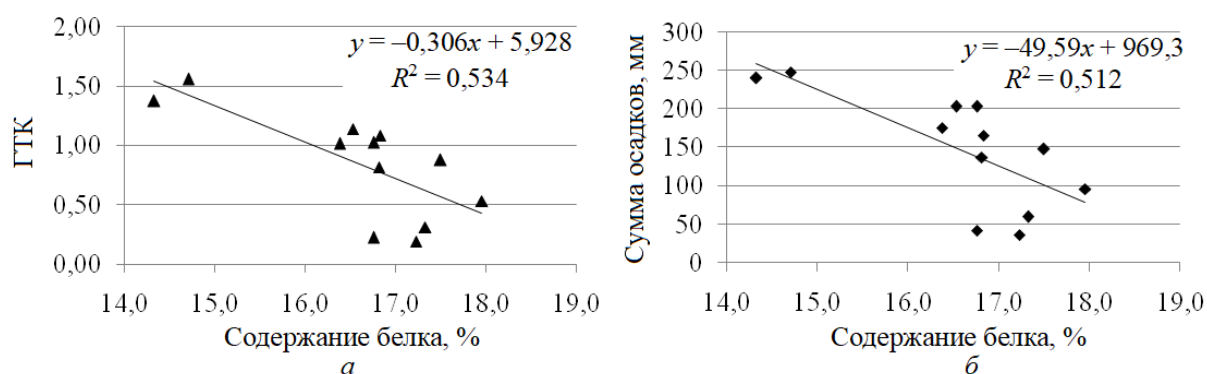
**Таблица 5 – Коэффициенты корреляции ( $r$ ) между содержанием белка в зерне яровой пшеницы и гидротермическими показателями периода вегетации**

| Показатель                    | Вариант       |          |          |          |                |                |                |                      |
|-------------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------------|
|                               | кон-<br>троль | $N_{60}$ | $P_{30}$ | $K_{60}$ | $N_{60}P_{30}$ | $N_{60}K_{60}$ | $P_{30}K_{60}$ | $N_{60}P_{30}K_{60}$ |
| Урожайность, ц/га             | -0,47         | -0,60    | -0,28    | -0,52    | -0,37          | -0,24          | -0,28          | -0,42                |
| Сумма осадков, мм             | -0,49         | -0,72    | -0,33    | -0,72    | -0,24          | -0,02          | -0,32          | -0,59                |
| Сумма активных температур, °С | -0,14         | 0,34     | 0,20     | 0,41     | 0,18           | 0,06           | 0,19           | 0,15                 |
| ГТК                           | -0,42         | -0,73    | -0,36    | -0,73    | -0,29          | -0,04          | -0,32          | -0,59                |

Поскольку в вариантах с внесением  $N_{60}$  и  $K_{60}$  между содержанием белка в зерне пшеницы, ГТК и суммой осадков периода вегетации просле-

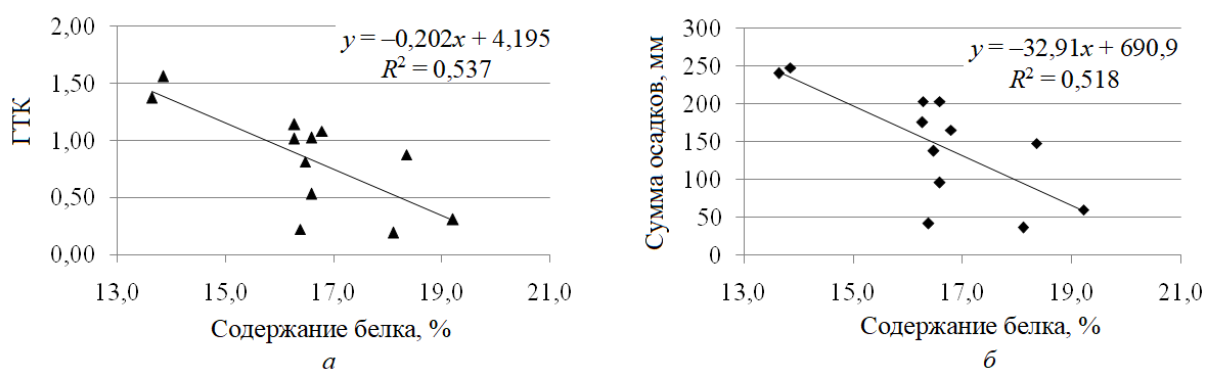
живалась сильная отрицательная взаимосвязь, был проведен регрессионный анализ данных вариантов.

Расчеты показали, что в варианте с применением 60 кг д. в. азота влияние ГТК и суммы осадков, выпавших в период вегетации, на содержание белка в зерне пшеницы составило соответственно 53,4 и 51,2 % (рисунок 4). Температура не оказывала существенного влияния на данный показатель. Влияние урожайности составило 36,5 %.



**Рисунок 4 – Зависимость содержания белка в зерне яровой пшеницы от ГТК (а) и суммы осадков, выпавших за период вегетации (б) (вариант N<sub>60</sub>)**

При применении только калийных удобрений в дозе 60 кг д. в. накопление белка в зерне яровой пшеницы на 53,7 % зависит от ГТК периода вегетации и на 51,8 % от суммы осадков (рисунок 5). Доля влияния урожайности снижается ( $R^2 = 0,268$ ).



**Рисунок 5 – Зависимость содержания белка в зерне яровой пшеницы от ГТК (а) и суммы осадков, выпавших за период вегетации (б) (вариант К<sub>60</sub>)**

Таким образом, в результате исследований установлено, что на накопление белка в зерне яровой пшеницы влияет совокупное действие гидротермических условий вегетационного периода и применяемых минеральных туков.

**Выводы.** Урожайность яровой пшеницы непосредственно зависит от гидротермических условий периода вегетации. Ключевым фактором, влияющим на увеличение продуктивности посевов при применении минеральных удобрений, является количество выпавших за вегетационный период осадков.

Внесение минеральных туков позволяет существенно увеличить урожайность яровой пшеницы, однако усиливает ее зависимость от гидротермических условий вегетационного периода. Наилучшие результаты получены при внесении  $N_{60}P_{30}K_{60}$ , при этом прибавка урожая в различные по метеорологическим условиям годы исследований составляла 9,3–92,8 %.

На накопление белка в зерне яровой пшеницы влияет совокупное действие гидротермических условий вегетационного периода и применяемых минеральных туков. Внесение минеральных удобрений позволяет регулировать содержание белка в зерне яровой пшеницы, снижая при этом воздействие гидротермических показателей периода вегетации. Минимальное влияние метеорологических условий на накопление белка в зерне было получено в варианте с применением  $N_{60}K_{60}$ .

#### **Список использованных источников**

1 Climatically driven yield variability of major crops in Khakassia (South Siberia) / E. A. Babushkina, L. V. Belokopytova, D. F. Zhirnova, S. K. Shah, T. V. Kostyakova // *International Journal of Biometeorology*. – 2018. – Vol. 62, № 6. – P. 939–948. – DOI: 10.1007/s00484-017-1496-9.

2 Climate change and dryland wheat systems in the US Pacific Northwest / T. Karimi, C. O. Stottle, S. Higgins, R. Nelson // *Agricultural Systems*. – 2018. – Vol. 159. – P. 144–156. – DOI: 10.1016/j.agsy.2017.03.014.

3 Analysis of meteorological dryness/wetness features for spring wheat production in the Ili River basin, China / L. Cheng, R. Wang, J. Xu, Y. Luo, M. Leong Tan, Y. Jiang // *International Journal of Biometeorology*. – 2018. – Vol. 62, № 12. – P. 2197–2204. – DOI: 10.1007/s00484-018-1623-2.

4 Кадушкина, В. П. Взаимосвязи между урожайностью яровой твердой пшеницы

и агрометеорологическими факторами в степной зоне Ростовской области / В. П. Кадушкина, А. И. Грабовец, Р. И. Бондарь // *Зерновое хозяйство России*. – 2013. – № 6. – С. 1–9.

5 Ионова, Е. В. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) / Е. В. Ионова, В. А. Лиховидова, И. А. Лобунская // *Зерновое хозяйство России*. – 2019. – № 6(66). – С. 18–22.

6 Гринько, А. В. Приемы возделывания яровых зерновых культур в богарных условиях в Ростовской области / А. В. Гринько, Н. Н. Вошедский, В. А. Кулыгин // *Зернобобовые и крупяные культуры*. – 2020. – № 1(33). – С. 72–81. – DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11159.

7 Пасько, С. В. Оптимизация минерального питания яровой пшеницы на черноземе обыкновенном / С. В. Пасько, А. В. Федюшкин // *Достижения науки и техники АПК*. – 2018. – Т. 32, № 10. – С. 33–36. – DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11007.

8 Федюшкин, А. В. Влияние систематического применения минеральных удобрений на продуктивность зернотравяного севооборота / А. В. Федюшкин, А. В. Парамонов, В. И. Медведева // *Бюллетень науки и практики*. – 2018. – Т. 4, № 6. – С. 107–112. – DOI: 10.5281/zenodo.1289442.

9 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследования) / Б. А. Доспехов. – М.: Альянс, 2011. – 352 с.

10 Селянинов, Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Г. Т. Селянинов. – М.: Гидрометеиздат, 1977. – 220 с.

## References

1 Babushkina E.A., Belokopytova L.V., Zhirnova D.F., Shah S.K., Kostyakova T.V., 2018. Climatically driven yield variability of major crops in Khakassia (South Siberia). *International Journal of Biometeorology*, vol. 62, no. 6, pp. 939-948, DOI: 10.1007/s00484-017-1496-9.

2 Karimi T., Stocle C.O., Higgins S., Nelson R., 2018. Climate change and dryland wheat systems in the US Pacific Northwest. *Agricultural Systems*, vol. 159, pp. 144-156, DOI: 10.1016/j.agsy.2017.03.014.

3 Cheng L., Wang R., Xu J., Luo Y., Leong Tan M., Jiang Y., 2018. Analysis of meteorological dryness/wetness features for spring wheat production in the Ili River basin, China. *International Journal of Biometeorology*, vol. 62, no. 12, pp. 2197-2204, DOI: 10.1007/s00484-018-1623-2.

4 Kadushkina V.P., Grabovets A.I., Bondar R.I., 2013. *Vzaimosvyazi mezhd urozhaynost'yu yarovoy tverdoy pshenitsy i agrometeorologicheskimi faktorami v stepnoy zone Rostovskoy oblasti* [Interrelationship between spring durum wheat productivity and agrometeorological factors in a steppe zone of Rostov region]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* [Grain Economy of Russia], no. 6, pp. 1-9. (In Russian).

5 Ionova E.V., Likhovidova V.A., Lobunskaya I.A., 2019. *Zasukha i gidrotermicheskiy koeffitsient uvlazhneniya kak odin iz kriteriev otsenki stepeni ee intensivnosti (obzor literatury)* [Drought and hydrothermal humidity factor as one of the criteria to estimate its intensity degree (literature review)]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* [Grain Economy of Russia], no. 6(66), pp. 18-22. (In Russian).

6 Grinko A.V., Voshedsky N.N., Kulygin V.A., 2020. *Priemy vozdelevaniya yarovykh zernovykh kul'tur v bogarnykh usloviyakh Rostovskoy oblasti* [Methods of cultivation of spring crops in rainfed conditions of Rostov region]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* [Legumes and Groat Crops], no. 1(33), pp. 72-81, DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11159. (In Russian).

7 Pasko S.V., Fedyushkin A.V., 2018. *Optimizatsiya mineral'nogo pitaniya yarovoy pshenitsy na chernozeme obyknovennom* [Optimization of mineral nutrition of spring wheat

on ordinary chernozem]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex], vol. 32, no. 10, pp. 33-36, DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11007. (In Russian).

8 Fedyushkin A.V., Paramonov A.V., Medvedeva V.I., 2018. *Vliyanie sistematicheskogo primeneniya mineral'nykh udobreniy na produktivnost' zernotravyanogo sevooborota* [Influence of the systematic application of minorganic fertilizers on the ley farming efficiency]. *Byulleten' nauki i praktiki* [Bull. of Science and Practice], vol. 4, no. 6, pp. 107-112, DOI: 10.5281/zenodo.1289442. (In Russian).

9 Dospekhov B.A., 2011. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniya)* [Method of Field Experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow, Alliance Publ., 352 p. (In Russian).

10 Selyaninov G.T., 1977. *Metodika selskokhozyaystvennoy kharakteristiki klimata* [Methods of Agricultural Climate Characteristics]. Moscow, Gidrometeoizdat Publ., 220 p. (In Russian).

---

**Федюшкин Андрей Владимирович**

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»

Адрес организации: ул. Институтская, 1, пос. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346735

E-mail: andrey.v.f@yandex.ru

**Fedyushkin Andrey Vladimirovich**

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Federal Rostov Agricultural Research Center

Affiliation address: st. Institutskaya, 1, Rassvet, Aksay district, Rostov region, Russian Federation, 346735

E-mail: andrey.v.f@yandex.ru

**Парамонов Александр Владимирович**

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: старший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»

Адрес организации: ул. Институтская, 1, пос. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346735

E-mail: alexandr191914@mail.ru

**Paramonov Aleksandr Vladimirovich**

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Senior Researcher

Affiliation: Federal Rostov Agricultural Research Center

Affiliation address: st. Institutskaya, 1, Rassvet, Aksay district, Rostov region, Russian Federation, 346735

E-mail: alexandr191914@mail.ru

**Пасько Сергей Валентинович**

Ученая степень: кандидат сельскохозяйственных наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Феде-

ральный Ростовский аграрный научный центр»

Адрес организации: ул. Институтская, 1, пос. Рассвет, Аксайский район, Ростовская область, Российская Федерация, 346735

E-mail: pasko\_s@mail.ru

**Pasko Sergey Valentinovich**

Degree: Candidate of Agricultural Sciences

Position: Leading Researcher

Affiliation: Federal Rostov Agricultural Research Center

Affiliation address: st. Institutskaya, 1, Rassvet, Aksay district, Rostov region, Russian Federation, 346735

E-mail: pasko\_s@mail.ru

*Поступила в редакцию 10.08.2020*

*После доработки 11.09.2020*

*Принята к публикации 22.10.2020*