

## ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ПОЗДНИХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР И ПОДСОЛНЕЧНИКА В УСЛОВИЯХ АРИДИЗАЦИИ КЛИМАТА В ДОНБАССЕ

**А.В. Барановский**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства, [lnau\\_sorgo2011@mail.ru](mailto:lnau_sorgo2011@mail.ru), ORCID ID: 0000-0003-2098-0889;

**Н.Н. Тимошин**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой земледелия и растениеводства, [zemledelie2016@yandex.ru](mailto:zemledelie2016@yandex.ru);

**Н.В. Решетняк**<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства, [zemledelie2016@yandex.ru](mailto:zemledelie2016@yandex.ru);

**О.Н. Курдюкова**<sup>2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры естествознания и географии, [herbology8@gmail.com](mailto:herbology8@gmail.com);

**О.В. Мазалов**<sup>1</sup>, аспирант кафедры земледелия и растениеводства, [zemledelie2016@yandex.ru](mailto:zemledelie2016@yandex.ru);

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Луганский государственный аграрный университет им. К.Е. Ворошилова», 291008, Луганская Народная Республика, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, д. 1; [rector@lnau.ru](mailto:rector@lnau.ru)

<sup>2</sup>ГАОУ ВО ЛО «Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина», 196605, Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское шоссе, д. 10; e-mail: [pushkin@lengu.ru](mailto:pushkin@lengu.ru)

Глобальное потепление климата, происходящее на планете в течение последних 40–50 лет, отчетливо проявилось и на территории южных и юго-восточных регионов Европейской части России. В Донецко-Донском регионе степной зоны РФ – на территории Луганской Народной Республики, за последние 30 лет средняя годовая температура воздуха возросла до 9,8°C (на 1,8°C), а гидротермический коэффициент за май–август снизился с 0,79 до 0,74, в августе – с 0,62 до 0,47. Усиление засушливости климата в ЛНР ведет к росту уязвимости территорий и климатического риска неурожаев для возделываемых культур. Цель исследований – установить влияние количества и режима выпадения атмосферных осадков на урожайность поздних яровых культур – кукурузы, сорго и подсолнечника. Выявить периоды года с осадками, обеспечивающими наибольшую корреляционную их связь с урожайностью изучаемых культур. За период исследований, проведенных на черноземе обыкновенном в условиях полевого севооборота кафедры земледелия и растениеводства на опытном поле ФГБОУ ВО Луганского ГАУ отмечено, что в среднем за 2008–2025 годы сумма осадков периода вегетации (май–август) в сравнении с многолетней нормой снизилась на 54,7 мм (24,1 %), средняя температура воздуха возросла на 1,5 °C (7,6 %), сумма засушливых дней – на 15,3 суток (48,0 %), ГТК снизился до 0,71 (на 26,0 %). В критический период потребности во влаге данных культур (июль–август), корреляция осадков с урожайностью для кукурузы была сильной ( $r = 0,725$ ) средней – для подсолнечника ( $r = 0,630$ ) и зернового сорго ( $r = 0,681$ ). Максимальная корреляция осадков с урожайностью получена для кукурузы за период май–сентябрь ( $r = 0,856$ ), для зернового сорго – за март–сентябрь ( $r = 0,758$ ), а для подсолнечника – за январь–апрель ( $r = 0,741$ ). Отсутствовала или была несущественной связь урожайности культур с осадками за осенне-зимне-ранневесенний период (октябрь–март).

**Ключевые слова:** кукуруза, подсолнечник, сорго, осадки, урожайность, корреляция.

**Для цитирования:** Барановский А.В., Тимошин Н.Н., Решетняк Н.В., Курдюкова О.Н., Мазалов О.В. Влияние количества осадков на урожайность поздних зерновых культур и подсолнечника в условиях аридизации климата в Донбассе // Зерновое хозяйство России. 2026. Т. 18, №4. С. 82–89. DOI: 10.31367/2079-8725-2026-105-4-82-89.



## THE EFFECT OF PRECIPITATION ON PRODUCTIVITY OF LATE GRAIN CROPS AND SUNFLOWER IN THE ARID CLIMATE OF THE DONBASS

**A.V. Baranovsky**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of agriculture and environment, [lnau\\_sorgo2011@mail.ru](mailto:lnau_sorgo2011@mail.ru), ORCID ID: 0000-0003-2098-0889;

**N.N. Timoshin**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, head of the department of agriculture and environment, [zemledelie2016@yandex.ru](mailto:zemledelie2016@yandex.ru);

**N.V. Reshetnyak**<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of agriculture and environment, [zemledelie2016@yandex.ru](mailto:zemledelie2016@yandex.ru);

**O.N. Kurdyukova**<sup>2</sup>, Doctor of Agricultural Sciences, professor of the department of natural science and geography, [herbology8@gmail.com](mailto:herbology8@gmail.com),

**O.V. Mazalov**<sup>1</sup>, postgraduate of the department of agriculture and environment, [zemledelie2016@yandex.ru](mailto:zemledelie2016@yandex.ru);

<sup>1</sup>FSBEI HE "Luhansk State Agricultural University named after K.E. Voroshilov"

291008, Luhansk People's Republic, Luhansk, t. of Luhansky, Artemovsky district, gor. LSAU, Buil. 1; e-mail: rector@lnau.ru

<sup>2</sup>SAEI HELO "Leningrad State University named after A.S. Pushkin",

196605, Saint-Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe Sh., 10, e-mail: pushkin@lengu.ru

Global warming, which has been occurring on the planet over the past 40–50 years, has also become evident in the southern and south-eastern regions of European Russia. In the Donetsk-Don region of the Russian steppe part, on the territory of the Luhansk People's Republic, the average annual air temperature has increased to 9.8 °C (by 1.8 °C), while the hydrothermal coefficient for May-August has decreased from 0.79 to 0.74, and in August from 0.62 to 0.47 over the past 30 years. The climate aridity increase in the LPR results in the vulnerability of the territories and the climate risk of major yield failures. The purpose of the current study was to determine the effect of precipitation amount and pattern on productivity of such late spring crops as maize, sorghum, and sunflower, and to identify the periods of a year with precipitation that provide the strongest correlation with the productivity of the studied crops. During the period of study conducted on the experimental field with ordinary blackearth under field crop rotation by the staff of the department of agriculture and plant production of the FSBEI HE Luhansk VSAU, there has been noted that, on average, for 2008–2025, the amount of precipitation during a vegetation period (May-August) decreased by 54,7 mm (24.1 %) compared to the long-term norm, the average air temperature increased by 1,5 °C (7.6 %), the amount of dry days increased by 15.3 days (48.0 %), the hydrothermal coefficient decreased to 0.71 (by 26.0 %). During the critical period of moisture demand for these crops (July–August), the correlation between precipitation and productivity was strong for maize ( $r = 0.725$ ) and moderate for sunflower ( $r = 0.630$ ) and grain sorghum ( $r = 0.681$ ). The maximum correlation between precipitation and productivity was obtained for maize in the period May-September ( $r = 0.856$ ), for grain sorghum in March-September ( $r = 0.758$ ), and for sunflower in January-April ( $r = 0.741$ ). There was no or insignificant correlation between productivity and precipitation in the autumn-winter-early spring period (October–March).

**Keywords:** maize, sunflower, sorghum, precipitation, productivity, correlation.

**Введение.** Большинство ученых-климатологов подтверждают реальность происходящего в течение последних четырех-пяти десятилетий глобального потепления и его связь с постоянно растущей концентрацией в атмосфере неконденсируемых парниковых газов, в первую очередь – диоксида углерода (Переверденцев и др., 2021; Шайтура и др., 2021). На уверенную тенденцию к потеплению указывают около 90 % всех станционных данных на суше земного шара, а в Северном полушарии — почти 99 %. В целом по земному шару современный рост температуры начинается с середины 1970-х годов и каждое последующее десятилетие было теплее предыдущего (Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. М., 2025). Наиболее интенсивное потепление отмечается в Арктическом регионе. На береговых станциях Гренландии и вдоль арктического побережья России тренд приповерхностной температуры достигает 0,8 °C/10 лет и более, на островах Баренцева и Карского морей – до 1,5 °C/10 лет, на Таймыре и Камчатке – до 1,2 °C/10 лет. Из частей света скорость потепления максимальна в Европе: в среднем за год 0,49 °C/10 лет, за летний период – 0,51 °C/10 лет. На территории России в целом и во всех ее федеральных округах потепление происходит во все сезоны при средней скорости роста среднегодовой температуры над сушей за период с 1976 по 2020 гг. – 0,51 °C/10 лет, что значительно (в 1,6 раза) превышает скорость роста глобальной температуры для суши земного шара (Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. СПб., 2022).

В целом по России в период 1976–2019 гг. наиболее ускоренное потепление наблюдается весной (0,63 °C/10 лет), в меньшей степени летом (0,39 °C/10 лет), осенью (0,43 °C/10 лет) и зимой (0,39 °C/10 лет). За этот период годовая сумма осадков не убывает (линейный тренд равен 2,2 % нормы за 10 лет), а выраженное увеличение начинается в конце 1980-х годов. Максимальный рост осадков отмечается весной: 5,7 % нормы за 10 лет. В Европейской части России (ЕЧР) летом сумма осадков убывает, что в сочетании с быстрым ростом температуры повышает риск засухи (Бардин и др., 2020).

В последнее 30-летие (1991–2020 гг.) на территории ЕЧР в сравнении с предыдущим (1961–1990 гг.), наиболее резкое потепление выявлено в зимний сезон (разности температур от 1,5 до 3,0 °C), несколько меньшее (0,7–1,4 °C) – в весенний, летний и осенний. Нормы за 1991–2020 гг. по осадкам летом уменьшились на большей части страны (Коршунова и Швець, 2023).

Изменение климата от периода 1961–1990 гг. к периоду 1991–2020 гг. выражается в значительном росте термических ресурсов и снижении уровня увлажнённости в земледельческой зоне за счет убывания суммы осадков в летний период. Отмеченные тенденции на территории ЕЧР привели к росту климатического риска, связанного с засухой и засушливыми явлениями (Бардин М.Ю. и др., 2020; Павлова и др., 2025). Поэтому необходима выработка мер по адаптации отраслей хозяйства к изменяющемуся климату.

На юге России в зоне недостаточного увлажнения лимитирующим фактором является влагообеспеченность (Кривошеев и Шевченко, 2021).

В последние 30–35 лет ускорение темпов глобального потепления климата отчетливо проявилось и в Донбассе, в том числе в Луганской Народной Республике (Барановский и Курдюкова, 2021; Барановский и др., 2024). В сравнении с метеорологическими данными АМС г. Луганска за 158 лет (1838–1995 гг.), средняя годовая температура воздуха за последние 30 лет (1996–2025 гг.) возросла до 9,83 °C (на 1,83 °C), со скоростью роста 0,61 °C/10 лет, за счет повышения температуры в зимний (+2,78 °C), и в меньшей степени в весенний (+1,77 °C), летний (+1,35 °C) и осенний (+1,19 °C) сезоны. Среднегодовая сумма осадков за 30 лет возросла до 495,8 мм (на 76,5 мм) за счет их увеличения зимой (+38,0 мм), и в меньшей мере – осенью (+22,3 мм) и весной (+20,9 мм). Летом сумма осадков снизилась до 142,8 мм (-5,0 мм). ГТК за май-август снизился с 0,79 до 0,74, за лето – с 0,79 до 0,69, а за август – с 0,62 до 0,47.

Таким образом, в условиях Донецко-Донского региона степной зоны России, в том числе в ЛНР, в период последних трех десятилетий (1996–2025 гг.), происходит значительное потепление климата со скоростью роста 0,61 °C/10 лет и усиление его засушливости в период активной вегетации полевых культур, особенно в августе, что крайне негативно влияет на формирование высокопродуктивных посевов поздних яровых культур.

Урожайность любой культуры – это потенциальные возможности сорта при взаимодействии с факторами внешней среды, и в особенности метеорологическими (Ковтунов и Барановский, 2020). Снижение урожайности из-за засухи происходит довольно часто. Потери урожая в особенности кормовых культур могут достигать 60,0 % (Ковтунова и Ковтунов, 2024).

Цель исследований – установить влияние количества и режима выпадения атмосферных осадков на урожайность поздних яровых культур – кукурузы, сорго и подсолнечника. Выявить периоды года с осадками, обеспечивающими наибольшую корреляционную их связь с урожайностью изучаемых культур.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проводились в условиях опытного поля ФГБОУ ВО Луганский ГАУ в 2008–2025 гг. в полевом севообороте кафедры земледелия и растениеводства. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный маломощный слабосмытый на лессовидном суглинке с содержанием в пахотном слое: гумуса – 3,3–3,4 %, средних запасов подвижного азота (9,80–13,51 мг/100 г по Корнфилду) и фосфора (6,5–10,4 мг/100 г по Чирикову), и повышенных – обменного калия (14,5–17,0 мг/100 г по Чирикову). Реакция почвенного раствора – слабощелочная (рН = 7,5–7,8). Под изучаемые культуры, перед проведением отвальной вспашки, в качестве основной обработки почвы, минеральные удобрения вносились в средних рекомендованных дозах –  $N_{60}P_{40-60}K_{20-30}$ . Предшественник – озимая пшеница. Исследования проводили согласно общепринятых методик полевого опыта (Доспехов, 2014) и технологий выращивания

культур в степных засушливых условиях Донбасса (Научно-обоснованные агротехнологии, Луганск, 2024). Сравнительное изучение продуктивности данных культур проводили с применением рекомендованных высокоурожайных среднеранних гибридов кукурузы на зерно (Луганский 287 МВ), зернового сорго (Солариус) и подсолнечника (Командор) при оптимальных сроках сева и нормах высева. Уборку проводили в фазе полной спелости с поделочным учетом урожая зерна и маслосемян, переводя на урожайность при стандартных показателях влажности и чистоты. Статистическую обработку опытных данных проводили методами дисперсионного и корреляционного анализов (Доспехов, 2014), с использованием программы Microsoft Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Контрастные погодные условия в годы исследований позволили выявить корреляционные зависимости урожайности изучаемых культур от количества и периодов выпадения осадков в течение года (октябрь–сентябрь) и наиболее критические периоды потребности в осадках. В целом за 18 лет, средняя сумма осадков за год составила 465,2 мм (норма 528 мм), в мае – 50,7 мм (норма 46 мм), в июне – 48,0 мм (норма 73 мм), в июле – 46,3 мм (норма 70 мм), в августе – 27,3 мм (норма 38 мм). В среднем за май-август относительно нормы сумма осадков снизилась на 54,7 мм (24,1 %), а за лето – на 59,4 мм (32,8 %). В летние месяцы экстремально засушливые (сухие) условия вегетации, присущие природным зонам полупустыни и пустыни (ГТК ≤ 0,4), отмечены в 33,3 % случаев, сильно засушливые условия, присущие зоне сухих степей (ГТК = 0,4–0,7) – в 22,2 % случаев, засушливые условия (ГТК = 0,7–1,0) – в 33,3 % случаев, слабо засушливые условия (ГТК = 1,0–1,3) – в 11,1 % случаев и отсутствовали годы с благоприятным увлажнением (ГТК ≥ 1,3). За 18 лет вегетационные периоды (май-август) в течение 8 лет определились как сильно засушливые (ГТК ≤ 0,6) при сумме осадков не более 130 мм (норма – 227 мм) и количестве дней засухи при снижении относительной влажности воздуха в течение суток до 30 % и менее, составившим 47,2 дня (норма 31,9 дней) (Власов Ю.М., 2011). На основании постановления Правительства РФ от 27 января 2015 г. № 51 (<http://base.garant.ru/70853938/>), практически каждый второй год (44,4 % случаев) по вероятности сильных засух (ГТК < 0,6) отнесен к территориям, неблагоприятным для производства сельскохозяйственной продукции. Самым засушливым для поздних яровых культур выявлен август, с условиями увлажнения, присущими сухой зоне (ГТК = 0,39 при норме 0,61) со средней суммой осадков – 27,3 мм (норма – 38 мм), температурой воздуха – 22,9 °C (норма – 20,9 °C), суммой засушливых дней – 16 суток (норма 8) (табл. 1).

Значительное усиление засушливости также отмечено в июне – ГТК снизился с 1,21 до 0,76 (37,2 %), а осадки – с 73 до 48 мм (34,2 %), в июле ГТК уменьшился с 1,05 до 0,64 (39,0 %), а осадки – с 70 до 46,3 мм (33,9 %).

Таблица 1. Гидротермические условия периода вегетации в 2008–2025 гг.  
Table 1. Hydrothermal conditions during a vegetation period from 2008 till 2025

| Годы      | ГТК за месяцы |             |             |             | За период май-август |               |                         |               |
|-----------|---------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|---------------|-------------------------|---------------|
|           | май           | июнь        | июль        | август      | ГТК                  | Σ осадков, мм | температура воздуха, °С | Σ дней засухи |
| 2008      | 1,59          | 0,40        | 0,87        | 0,06        | 0,73                 | 161,3         | 20,1                    | 36            |
| 2009      | 1,22          | 0,14        | 0,55        | 0,31        | 0,56                 | 127,3         | 20,7                    | 57            |
| 2010      | 1,26          | 0,29        | 0,60        | 0,06        | 0,55                 | 111,7         | 23,3                    | 57            |
| 2011      | 0,54          | 2,40        | 0,86        | 0,32        | 1,03                 | 267,1         | 21,0                    | 41            |
| 2012      | 0,88          | 0,51        | 0,36        | 0,29        | 0,51                 | 136,1         | 22,5                    | 51            |
| 2013      | 0,32          | 0,05        | 0,44        | 0,87        | 0,42                 | 114,8         | 22,0                    | 59            |
| 2014      | 1,15          | 0,74        | 0,89        | 0,64        | 0,86                 | 215,5         | 20,6                    | 45            |
| 2015      | 0,75          | 0,78        | 0,34        | 0,23        | 0,53                 | 130,2         | 21,2                    | 49            |
| 2016      | 1,61          | 0,41        | 1,20        | 0,57        | 0,95                 | 235,6         | 21,2                    | 19            |
| 2017      | 1,05          | 0,96        | 1,25        | 0,16        | 0,86                 | 205,1         | 20,3                    | 46            |
| 2018      | 0,73          | 1,32        | 0,69        | 0,14        | 0,72                 | 187,4         | 21,6                    | 56            |
| 2019      | 1,37          | 0,33        | 1,47        | 1,17        | 1,09                 | 268,2         | 20,6                    | 32            |
| 2020      | 1,41          | 0,09        | 0,54        | 0,15        | 0,55                 | 121,3         | 20,9                    | 55            |
| 2021      | 1,19          | 2,35        | 0,28        | 0,45        | 1,07                 | 270,4         | 22,0                    | 24            |
| 2022      | 1,08          | 0,69        | 0,22        | 0,97        | 0,74                 | 183,2         | 20,8                    | 54            |
| 2023      | 1,66          | 1,09        | 0,82        | 0,42        | 1,00                 | 228,2         | 20,1                    | 21            |
| 2024      | 0,05          | 0,4         | 0,13        | 0,06        | 0,16                 | 45,6          | 22,2                    | 81            |
| 2025      | 0,77          | 0,67        | 0,04        | 0,12        | 0,40                 | 91,7          | 21,4                    | 66            |
| $\bar{X}$ | <b>1,04</b>   | <b>0,76</b> | <b>0,64</b> | <b>0,39</b> | <b>0,71</b>          | <b>172,3</b>  | <b>21,3</b>             | <b>47,2</b>   |
| Норма*    | 0,97          | 1,21        | 1,05        | 0,61        | 0,96                 | 227           | 19,8                    | 31,9          |

Примечание. \* – данные Агроклиматического справочника по Луганской области за 1986–2005 гг.,

\*\*   – годы с очень засушливыми и сухими условиями увлажнения ( $ГТК \leq 0,6$  ед.)

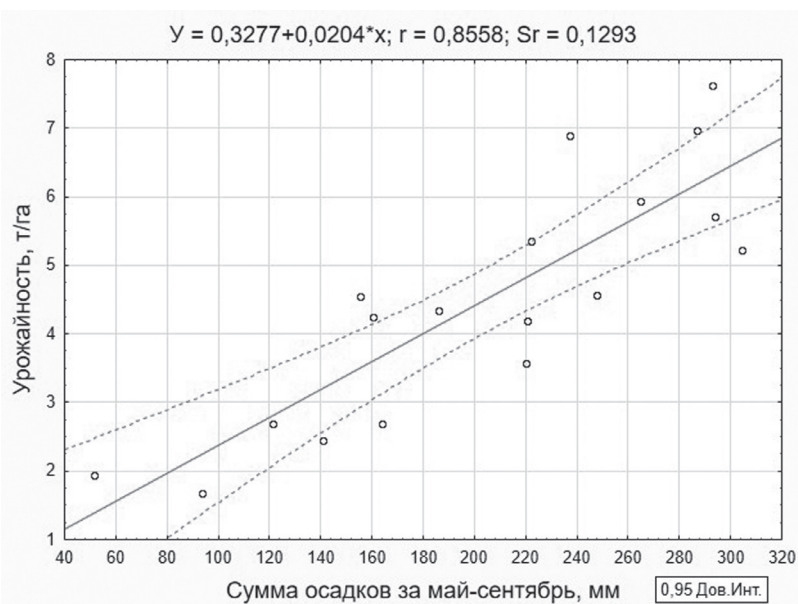
За 2008–2025 гг. средняя сумма осадков за май–август снизилась на 54,7 мм (на 24,1 %), средняя температура воздуха возросла на 1,5 °С (7,6 %), а число дней засухи – на 15,3 (48,0 %). Полученные данные свидетельствуют о значительном потеплении и усилении аридности климата, что негативно влияет на формирование высокой урожайности поздних яровых культур.

Анализ влияния сумм атмосферных осадков за разные промежутки времени в течение сельскохозяйственного года (октябрь прошедшего – сентябрь текущего) показали разную взаимосвязь с урожайностью культур.

При выращивании среднераннего гибрида кукурузы зернового направления использования

Луганский 287 МВ, средняя урожайность составила 4,48 т/га ( $V = 38,2$  %).

Сильная корреляция ( $r > 0,7$ ) урожайности кукурузы получена с осадками за периоды: май–сентябрь –  $0,86 \pm 0,13$  (рис. 1); май–август –  $0,84 \pm 0,13$ ; апрель–август –  $0,82 \pm 0,14$ ; апрель–сентябрь –  $0,84 \pm 0,14$ ; июнь–август –  $0,81 \pm 0,15$ ; июль–август –  $0,73 \pm 0,17$ ; октябрь–сентябрь –  $0,71 \pm 0,18$ ; декабрь–август –  $0,72 \pm 0,17$ ; декабрь–сентябрь –  $0,73 \pm 0,17$ , а средняя за октябрь–август –  $0,69 \pm 0,18$ , ноябрь–август –  $0,68 \pm 0,18$ , ноябрь–сентябрь –  $0,69 \pm 0,18$ . В наиболее критический период развития кукурузы (выметывание – молочная спелость) получена средняя корреляция урожайности с осадками, составившая в июле –  $0,61 \pm 0,20$  и в августе –  $0,50 \pm 0,22$ .



**Рис. 1.** Период года с осадками, обеспечивающими максимальную корреляцию с урожайностью кукурузы  
**Fig. 1.** Period of a year with precipitation providing the maximum correlation with maize productivity

Сумма осенне-зимне-ранневесенних осадков не имела существенной корреляции с урожайностью кукурузы ( $r_{X-III} = -0,02$ ;  $r_{X-IV} = 0,16$ ;  $r_{XI-III} = -0,04$ ;  $r_{XI-IV} = 0,15$ ;  $r_{XII-III} = -0,01$ ;  $r_{XII-IV} = 0,21$ ).

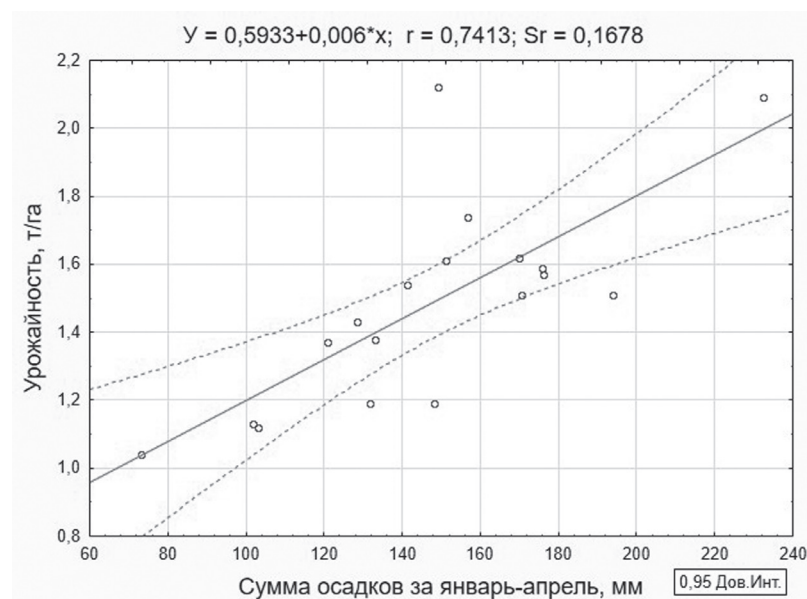
Установлена средняя обратная корреляционная связь ( $r = -0,55 \pm 0,21$ ) урожайности зерна кукурузы с температурой воздуха за период май-август и сильная обратная корреляция – с числом дней засухи со снижением минимальной температуры воздуха в сутки до 30 % и менее ( $r = -0,76 \pm 0,16$ ), которое выражалось уравнением регрессии  $Y = 83,81079 - 0,82755 * x$ .

Средняя урожайность подсолнечника в годы исследований составила 1,49 т/га ( $V = 19,7\%$ ). Сильная корреляция ( $r > 0,7$ ) урожайности (рис. 2) отмечена с суммой осадков за периоды январь-апрель ( $r = 0,74 \pm 0,17$ ), март-апрель ( $r = 0,71 \pm 0,18$ ), октябрь-август ( $r = 0,71 \pm 0,18$ ), а средняя – с осадками за октябрь-сентябрь ( $r = 0,66 \pm 0,19$ ), ноябрь-август ( $r = 0,69 \pm 0,18$ );

ноябрь-сентябрь ( $r = 0,63 \pm 0,19$ ), декабрь-сентябрь ( $r = 0,63 \pm 0,19$ ), февраль-апрель ( $r = 0,61 \pm 0,20$ ), июль-август ( $r = 0,63 \pm 0,19$ ), апрель-сентябрь ( $r = 0,59 \pm 0,20$ ), май-август ( $r = 0,53 \pm 0,21$ ), декабрь-апрель ( $r = 0,54 \pm 0,21$ ), октябрь-апрель ( $r = 0,54 \pm 0,21$ ), май-август ( $r = 0,53 \pm 0,21$ ), ноябрь-апрель ( $r = 0,51 \pm 0,22$ ) и за август ( $r = 0,53 \pm 0,21$ ).

Осадки за период с октября по март имели несущественную связь с урожайностью подсолнечника ( $r_{X-III} = 0,28 \pm 0,24$ ;  $r_{XI-III} = 0,25 \pm 0,24$ ;  $r_{XII-III} = 0,26 \pm 0,24$ ;  $r_{I-III} = 0,35 \pm 0,23$ ;  $r_{XI-IV} = 0,15 \pm 0,25$ ;  $r_{II-III} = 0,10 \pm 0,25$ ;  $r_{III} = 0,38 \pm 0,23$ ).

Выявлена отрицательная несущественная корреляция урожайности подсолнечника со средней температурой воздуха за период вегетации ( $r_{V-VIII} = -0,27 \pm 0,24$ ) и средняя связь с числом дней засухи ( $r_{V-VIII} = -0,61 \pm 0,20$ ).

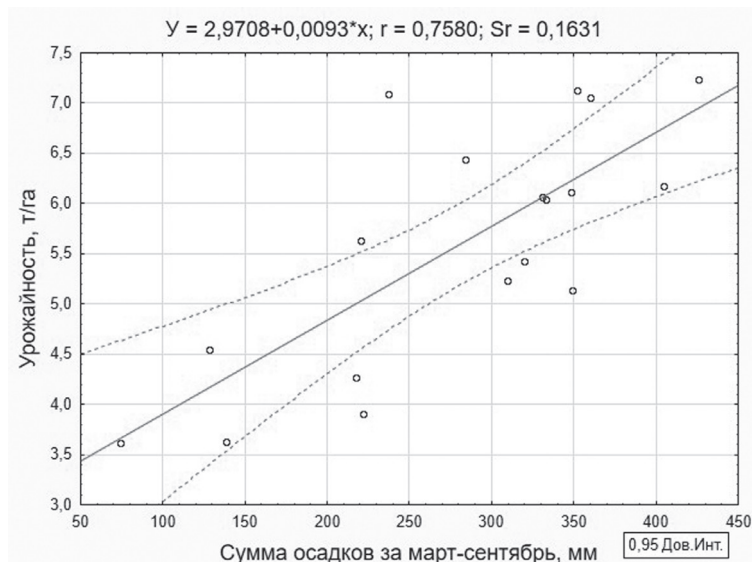


**Рис. 2.** Период года с осадками, обеспечивающими максимальную корреляцию с урожайностью подсолнечника  
**Fig. 2.** Period of a year with precipitation providing the maximum correlation with sunflower productivity

При средней урожайности 5,60 т/га ( $V = 21,6 \%$ ), зерновое сорго наибольшую отзывчивость имело на осадки в период вегетации. В связи с тем, что растения зернового сорго среднераннего гибрида имели более продолжительный период вегетации (101–110 и более суток) и созревали во второй и даже в третьи декады сентября, осадки этого месяца также оказывали заметное влияние на урожайность. Сильная корреляционная связь (рис. 3) урожайности получена с осадками за период март–сентябрь ( $r_{III-XI} = 0,76 \pm 0,16$ ),

апрель–сентябрь ( $r_{IV-IX} = 0,74 \pm 0,17$ ), май–сентябрь ( $r_{V-IX} = 0,71 \pm 0,18$ ).

Средняя связь урожайности выявлена с осадками за июнь–сентябрь ( $r_{VI-IX} = 0,68 \pm 0,18$ ), июль–сентябрь ( $r_{VII-XI} = 0,69 \pm 0,18$ ); апрель–август ( $r_{IV-VIII} = 0,68 \pm 0,18$ ), июнь–август ( $r_{VI-VIII} = 0,68 \pm 0,18$ ) и несколько меньше за апрель–август ( $r_{IV-VIII} = 0,68 \pm 0,18$ ); май–август ( $r_{V-VIII} = 0,65 \pm 0,19$ ); июль–август ( $r_{VII-VIII} = 0,61 \pm 0,20$ ), июль–август ( $r_{VII-VIII} = 0,68 \pm 0,18$ ) и за август ( $r_{VIII} = 0,57 \pm 0,21$ ).



**Рис. 3.** Период года с осадками, обеспечивающими максимальную корреляцию с урожайностью зернового сорго  
**Fig. 3.** Period of a year with precipitation providing the maximum correlation with grain sorghum productivity

Весомое влияние на продуктивность сорго имели осадки за периоды март–апрель ( $r_{III-IV} = 0,61 \pm 0,20$ ), март–май ( $r_{III-V} = 0,63 \pm 0,19$ ); март–июнь ( $r_{III-VI} = 0,56 \pm 0,21$ ). При одинаковых, сравнимых условиях увлажнения в период с апреля по сентябрь сумма осадков за осенне-зимне-ранневесенний период не имела существенной корреляции с урожайностью сорго ( $r_{X-III} = -0,17$ ,  $r_{X-IV} = 0,05$ ). В работе Васильченко С.А. и др. (2016) также установлено, что наибольшее влияние на урожайность зернового сорго в Ростовской области оказывает сумма осадков и ГТК за вегетацию ( $r = 0,80$  и  $r = 0,71$ ) с формированием наибольшей урожайности при увеличении суммы осадков до 164,9–200,2 мм.

При повышении средней температуры воздуха за май–август урожайность зерна сорго закономерно снижалась ( $r = -0,46 \pm 0,22$ ). Особенно заметная обратная корреляция с урожайностью культуры получена с температурой за июль ( $r_{VII} = -0,63 \pm 0,19$ ) и за период июль–август ( $r_{VII-VIII} = -0,59 \pm 0,20$ ). При возрастании количества дней засухи за май–август урожайность сорго также закономерно снижалась ( $r_{V-VIII} = -0,71 \pm 0,18$ ) и более значимо – за июль–август ( $r = -0,78 \pm 0,16$ ) при уравнении линейной регрессии  $Y = 81,3513 - 0,9106 * x$ .

Таким образом, в сухих районах, где частые засухи серьезно снижают урожайность традиционных кормовых культур, необходимо более широкое внедрение сорго, более устойчивой к засухе культуры (Калужный и др., 2024).

Кроме того, сорго отличается от других кормовых культур своей пластичностью и неприхотливостью к условиям возделывания, считается наиболее перспективной среди зерновых культур, возделываемых

в аридной зоне (Муслимов и др., 2018)

**Выводы.** Климатические изменения в западной части Донецко-Донского региона степной зоны России (территория ЛНР) в виде потепления и повышения засушливости вегетационных периодов неблагоприятно сказываются на продуктивности поздних яровых культур. За 18 лет исследований (2008–2025 гг.) сумма осадков за период вегетации с мая по август снизилась на 54,7 мм (24,1 %), средняя температура воздуха возросла на 1,5 °C (7,6 %), количество засушливых дней возросло на 15,3 дня (48,0 %), а ГТК снизился на 0,25 (26,0 %) и составил 0,71. Таким образом, вегетационный период практически каждого второго года (44,4 % случаев) по наличию сильных засух отнесен к неблагоприятным для производства сельскохозяйственной продукции территориям ( $ГТК \leq 0,6$ ). За 2008–2025 гг. средняя урожайность кукурузы на зерно составила 4,48 т/га с колебаниями по годам 1,68–7,63 т/га ( $V = 38,2 \%$ ), подсолнечника – 1,49 т/га с колебаниями 1,04–2,12 т/га ( $V = 19,7 \%$ ), зернового сорго – 5,60 т/га с варьированием от 3,62 до 7,23 т/га ( $V = 21,6 \%$ ).

В наиболее ответственный период по потребности изучаемых культур (цветение – созревание) во влаге, который приходится в основном на июль–август, коэффициент корреляции ( $r$ ) осадков с урожайностью для кукурузы составлял 0,73, для подсолнечника – 0,63, для зернового сорго – 0,68.

Наиболее высокие коэффициенты корреляции урожайности с осадками получены для кукурузы за период май–сентябрь ( $r = 0,86$ ), для зернового сорго – за март–сентябрь ( $r = 0,76$ ), для подсолнечника – за январь–апрель ( $r = 0,74$ ). Выявлены отсутствие или

слабая несущественная связь урожайности изучаемых поздних яровых культур с осадками за осенне–зимне–ранневесенний период – с октября прошедшего по март текущего года.

**Финансирование.** Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства сельского хозяйства России № 124062500033-8.

#### Библиографический список

1. Агроклиматический справочник по Луганской области (1986–2005 гг.) / под ред. Ю.М. Власова. Луганск: ООО „Виртуальная реальность“, 2011. 216 с.
2. Барановский А.В., Курдюкова О.Н. Анализ динамики погодных условий Луганской области за последние 100 лет // Вестник Красноярского ГАУ. 2021. №8. С. 54–62. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-8-54-62.
3. Барановский А.В., Курдюкова О.Н., Ковтунов В.В., Гелюх В.Н. Влияние приемов агротехники на продуктивность раннеспелых сортов зернового сорго в Донбассе // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. №6. С. 21–31. EDN: KDPZLP
4. Бардин М.Ю., Ранькова Э.Я., Платова Т.В., Самохина О.Ф., Корнева И.А. Современные изменения приземного климата по результатам регулярного мониторинга // Метеорология и гидрология. 2020. № 5. С. 29–45. EDN: QAAlAR
5. Васильченко С.А., Метлина Г.В., Ковтунов В.В. Влияние метеоусловий на продуктивность сорго зернового в южной зоне Ростовской области // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 120 (06). С. 744–754. <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/50.pdf>. EDN: WHGHTX
6. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. Москва: Росгидромет, 2025. 135 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): 6-е изд., перераб. и доп., стереотип. М.: Альянс, 2014. 352 с.
8. Калюжный А.А., Костылев П.И., Ковтунов В.В. Морфо-биологическое изучение коллекции сорго зернового ФГБУ «АНЦ «Донской» // Зерновое хозяйство России. 2024. №5. С. 64–70. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-64-70.
9. Ковтунов В. В., Барановский А. В. Влияние густоты стояния растений на урожайность сорта сорго зернового Атаман в условиях Луганской области // Зерновое хозяйство России. 2020. №5 (71). С. 39–44. DOI 10.31367/2079-8725-2020-71-5-39-44.
10. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В. Влияние уровня влагообеспеченности на урожайность и питательную ценность сорговых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Том 54, № 2. С. 22–30. DOI: 10.26898/0370-8799-2024-2-3.
11. Коршунова Н.Н., Швець Н.В. Региональные особенности изменения норм основных климатических параметров на территории России // Гидро-метеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 1 (387). С. 131–147. DOI: 10.37162/2618-9631-2023-1-131-147.
12. Кривошеев Г.Я., Шевченко Н.А. Устойчивость к водному стрессу новых самоопыленных линий и гибридов кукурузы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 5 (77). С. 46–50. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-46-50.
13. Муслимов М. Г., Куркиев К. У., Таймазова Н. С., Ковтунова Н. А., Горпиниченко С. И. Оценка продуктивности некоторых интродуцированных и местных сортов зерновых культур в условиях Республики Дагестан // Зерновое хозяйство России. 2018. № 6. С. 25–29. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-25-29.
14. Научно-обоснованные агротехнологии по проведению весенне-полевых работ и ухода за посевами в условиях 2024 года (научно-практические рекомендации). Луганск: ФГБОУ ВО Луганский ГАУ, 2024. 104 с.
15. «Об утверждении Правил отнесения территорий к неблагоприятным для производства сельскохозяйственной продукции территориям» (с изменениями и дополнениями): постановление Правительства РФ от 27 января 2015 г. №51 [Электронный ресурс.] <http://base.garant.ru/70853938/>.
16. Павлова В.Н., Варчева С.Е., Карачёнова А.А. Погодно-климатические риски потерь урожая зерновых культур в земледельческой зоне России // Гидрометеорология и образование. 2025. № 4 (24). С. 31–42.
17. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Мягков М.А., Парубова Е.М., Шерстюков Б.Г. Современное глобальное потепление климата и его проявление на территории России. В сборнике: Климатические изменения и сезонная динамика ландшафтов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург, 2021. С. 81–88. DOI: 10.26170/KFG-2021-11.
18. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме / под общ. ред. И.А. Шумакова. СПб.: Научное издание, 2022. 124 с.
19. Шайтура С.В., Сумзина Л.В., Томашевская Н.Г., Филимонов С.Л., Минитаева А.М. Аграрный сектор в контексте глобального изменения климата // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4. С. 18–24.

#### References

1. Agroklimaticheskij spravochnik po Luganskoj oblasti (1986–2005 gg.) [Agroclimatic handbook for the Luhansk region] / pod red. Yu.M. Vlasova. Lugansk: ООО „Virtual'naya real'nost'“, 2011. 216 s.
2. Baranovskij A.V., Kurdyukova O.N. Analiz dinamiki pogodnyh uslovij Luganskoj oblasti za poslednie 100 let [Analysis of weather dynamics in the Luhansk region over the past 100 years] // Vestnik Krasnoyarskogo GAU. 2021. №8. S. 54–62. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-8-54-62.
3. Baranovskij A.V., Kurdyukova O.N., Kovtunov V.V., Gelyuh V.N. Vliyanie priemov agrotehniki na produktivnost' rannespelyh sortov zernovogo sorgo v Donbasse [The impact of agrotechnical methods on productivity of early-maturing grain sorghum varieties in the Donbas] // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. 2024. №6. S. 21–31. EDN: KDPZLP

4. Bardin M.Yu., Ran'kova E.Ya., Platova T.V., Samohina O.F., Korneva I.A. Sovremennye izmeneniya prizemnogo klimata po rezul'tatam regul'yarnogo monitoringa [Modern surface climate changes based on regular monitoring] // *Meteorologiya i gidrologiya*. 2020. № 5. S. 29–45. EDN: QAAIAR
5. Vasil'chenko S.A., Metlina G.V., Kovtunov V.V. Vliyanie meteouslovij na produktivnost' sorgo zernovogo v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti [The effect of weather conditions on grain sorghum productivity in the southern part of the Rostov region] // *Polimatematskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2016. № 120 (06). S. 744–754. <http://ej.kubagro.ru/2016/06/pdf/50.pdf>. EDN: WHGHTX
6. Doklad ob osobennostyah klimata na territorii Rossijskoj Federacii za 2024 god [Report on climate characteristics in the Russian Federation for 2024]. Moskva: Rosgidromet, 2025. 135 s.
7. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of a field trial (with basics of statistical processing of the study results)]: 6-e izd., pererab. i dop., stereotip. M.: Al'yans, 2014. 352 s.
8. Kalyuzhnyj A.A., Kostylev P.I., Kovtunov V.V. Morfo-biologicheskoe izuchenie kollekcii sorgo zernovogo FGBU «ANC «Donskoj» [Morphobiological study of the grain sorghum collection of the FSBSI «ARC «Donskoy»] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2024. № 5. S. 64–70. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-64-70.
9. Kovtunov V. V., Baranovskij A. V. Vliyanie gustoty stoyaniya rastenij na urozhajnost' sorta sorgo zernovogo Ataman v usloviyah Luganskoj oblasti [The effect of plant density on productivity of the grain sorghum variety 'Ataman' in the Luhansk region] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2020. №5 (71). S. 39–44. DOI: 10.31367/2079-8725-2020-71-5-39-44.
10. Kovtunova N.A., Kovtunov V.V. Vliyanie urovnya vlagoobespechennosti na urozhajnost' i pitatel'nyu cennost' sorgovykh kul'tur [The effect of moisture availability on productivity and nutritional value of sorghum crops] // *Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki*. 2024. Tom 54, № 2. S. 22–30. DOI: 10.26898/0370-8799-2024-2-3.
11. Korshunova N.N., Shvec' N.V. Regional'nye osobennosti izmeneniya norm osnovnykh klimaticheskikh parametrov na territorii Rossii [Regional patterns of changes in key climatic parameters in Russia] // *Gidro-meteorologicheskie issledovaniya i prognozy*. 2023. № 1 (387). S. 131–147. DOI: 10.37162/2618-9631-2023-1-131-147.
12. Krivosheev G.Ya., Shevchenko N.A. Ustojchivost' k vodnomu stressu novykh samoopylnennykh linij i gibridov kuku-ruzy [Water stress resistance of new self-pollinated maize lines and hybrids] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2021. № 5 (77). S. 46–50. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-77-5-46-50.
13. Muslimov M. G., Kurkiev K. U., Tajmazova N. S., Kovtunova N. A., Gorpichenko S. I. Ocenka produktivnosti nekotorykh introducirovannykh i mestnykh sortov zernovykh kul'tur v usloviyah Respubliki Dagestan [Estimation of productivity of some introduced and local grain crop varieties in the Republic of Dagestan] // *Zernovoe hozyajstvo Rossii*. 2018. № 6. S. 25–29. DOI: 10.31367/2079-8725-2018-60-6-25-29.
14. Nauchno-obosnovannyye agrotekhnologii po provedeniyu vesenne-polevykh rabot i uhoda za posevami v usloviyah 2024 goda (nauchno-prakticheskie rekomendacii) [Scientifically based agricultural technologies for spring field work and crops' care in the conditions of 2024 (research and practical recommendations)]. Lugansk: FGBOU VO Luganskij GAU, 2024. 104 s.
15. «Ob utverzhdenii Pravil otneseniya territorij k neblagopriyatnym dlya proizvodstva sel'skohozyajstvennoj produkcii territoriyam» (s izmeneniyami i dopolneniyami): postanovlenie Pravitel'stva RF ot 27 yanvarya 2015 g. №51 [On approval of the Rules for classifying territories as unfavorable for agricultural production (as amended): RF Government Resolution No. 51 of January 27, 2015] [Elektronnyj resurs.] <http://base.garant.ru/70853938/>.
16. Pavlova V.N., Varcheva S.E., Karachyonkova A.A. Pogodno-klimaticheskie riski poter' urozhaya zernovykh kul'tur v zemledel'cheskoj zone Rossii [Weather and climate risks of grain crop losses in the agricultural areas of Russia] // *Gidro-meteorologiya i obrazovanie*. 2025. № 4 (24). S. 31–42.
17. Perevedencev Yu.P., Shantalinskij K.M., Myagkov M.A., Parubova E.M., Sherstyukov B.G. Sovremennoe global'noe poteplenie klimata i ego proyavlenie na territorii Rossii. V sbornike: Klimaticheskie izmeneniya i sezonnaya dinamika landshaftov [Modern global warming and its manifestations in Russia] // *Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. Ekaterinburg, 2021. S. 81–88. DOI: 10.26170/KFG-2021-11.
18. Tretij ocenochnyj doklad ob izmeneniyah klimata i ih posledstviyah na territorii Rossijskoj Federacii [Third assessment report on climate change and its consequences in the Russian Federation]. Obshchee rezyume / pod obshch. red. I.A. Shumakova. SPb.: Naukoemkie tekhnologii, 2022. 124 s.
19. Shajtura S.V., Sumzina L.V., Tomashevskaya N.G., Filimonov S.L., Minitaeva A.M. Agrarnyj sektor v kontekste global'nogo izmeneniya klimata [The agricultural sector in the context of global climate change] // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2021. № 4. S. 18–24.

Поступила: 18.02.26; доработана после рецензирования: 17.06.26; принята к публикации: 19.06.26.

**Критерии авторства.** Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Авторский вклад.** Барановский А.В. — концептуализация и ресурсное обеспечение исследования; визуализация, обработка и анализ данных, их интерпретация; подготовка рукописи; Тимошин Н.Н., Решетняк Н.В. — подготовка и выполнение экспериментальных полевых и лабораторных работ и сбор данных, их обработка; Курдюкова О.Н. — теоретическое обоснование проблемы исследований, литературный обзор, формулировка выводов; Мазалов О.В. — закладка полевых опытов, их проведение, сбор, накопление экспериментальных данных, их математическая обработка.

**Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**