

**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТА ГУМИСТИМ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЕ**

**М.М. Кизюля, А.Г. Калинов, Л.П. Харкевич, д.с.-х.н.,**

**В.Ф. Шаповалов, д.с.-х.н., Н.С. Шпилев, д.с.-х.н.**

*Брянский государственный аграрный университет, e-mail: cit@bgsha.com*

*В длительном полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной радиоактивно загрязненной почве юго-запада Брянской области изучено влияние биопрепарата Гумистим и разных доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя. Установлено, что обработка биопрепаратом Гумистим посевов ячменя в фазе начала колошения на фоне полного минерального удобрения повышала урожайность зерна ячменя на 90,0-123% относительно контроля. Минеральные удобрения, как при отдельном применении, так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим, повышали содержание сырого белка в зерне и величину его сбора с одного гектара, а также массу 1000 семян. Вместе с тем наблюдалось повышение концентрации остаточных нитратов в зерне и снижение ряда биохимических показателей его качества (сырой жир, сырая клетчатка, крахмал). Применение полного минерального удобрения  $N_{120}P_{90}K_{180}$  в комплексе с биопрепаратом Гумистим способствовало снижению удельной активности  $^{137}Cs$  в зерне ячменя относительно контроля более чем в 4 раза.*

**Ключевые слова:** почва,  $^{137}Cs$ , ячмень, минеральные удобрения, биопрепарат Гумистим, урожайность, качество.

**INFLUENCE OF THE MINERAL FERTILIZERS AND GUMISTIM BIOPREPARATION ON YIELD AND QUALITY OF BARLEY GRAIN CULTIVATING AT RADIOACTIVELY CONTAMINATED SOIL**

**M.M. Kisyulya, A.G. Kalinov, Dr. Sci. L.P. Kharkevich, Dr. Sci. V.F. Shapovalov, Dr. Sci. N.S. Shpilev**

*Bryansk State Agrarian University, e-mail: cit@bgsha.com*

*In the long-term field experiment on soddy-podzolic sandy loam radioactively contaminated soil of the South-West of the Bryansk region, the influence of biopreparation Gumistim and different doses and ratios of mineral fertilizer on the yields and quality of barley grain has been studied. It was found that the treatment of barley crops by the biopreparation Gumistim in the phase of the beginning of earing on the background of complete mineral fertilizer increased the yields of barley grain by 90,0-123% relative to the control. The mineral fertilizers both at separate application, and in a complex with biopreparation Gumistim were increasing the content of crude protein in grains and the value of its harvesting per hectare, were raising mass of 1000 seeds, were enlarging concentration of residual nitrates in grains and reducing a number of biochemical indices of grain quality (crude fat, crude fibre, starch). The application of the full mineral fertilizer  $N_{120}P_{90}K_{180}$  in a complex with biopreparation Gumistim has contributed to reduction of specific activity of  $^{137}Cs$  in barley grain concerning control more than in 4 times.*

**Keywords:** soil,  $^{137}Cs$ , barley, mineral fertilizers, biopreparation Gumistim, yield, quality.

Для увеличения урожайности ярового ячменя в современных технологиях большое внимание уделяется различным приемам обработки растений экологически безопасными биопрепаратами нового поколения, которые стимулируют их рост и развитие, а также повышают продуктивность и устойчивость к стрессам [1-7]. Бактериальные препараты, созданные на основе высокоэффективных штаммов азотфиксирующих бактерий, способны сыграть положительную роль не только в обеспечении растений азотом, но и оказать влияние на их рост и развитие [8, 9].

При обширном загрязнении сельскохозяйственных угодий долгоживущими радионуклидами основной задачей сельскохозяйственного производства является получение продукции растениеводства, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам [10, 11], при этом главную роль в уменьшении поступления радионуклидов в урожай принадлежит внесению повышенных доз калийных удобрений [12-15].

**Цель исследований** – оценка эффективности действия минеральных удобрений и биопрепарата



Гумистим на продуктивность и качество ярового ячменя при радиоактивном загрязнении почвы.

**Методика исследований.** Исследования проводили в 2014-2018 гг. на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ. Полевые опыты закладывали на опытном поле Новозыбковского филиала университета. Почва опытного участка дерново-подзолистая, супесчаная, до закладки опыта характеризовалась следующими показателями:  $pH_{KCl}$  5,28-5,48, содержание органического вещества 2,32-2,63% (по Тюрину) подвижного фосфора 348-512 мг/кг, обменного калия 76-155 мг/кг (по Кирсанову). Плотность загрязнения почвы  $^{137}Cs$  – 216-248 кБк<sup>2</sup>. Повторность опыта трехкратная, расположение делянок систематическое. Общая площадь делянки 120 м<sup>2</sup>, учетная площадь опытной делянки первого порядка 50 м<sup>2</sup>, второго – 50 м<sup>2</sup>. В опыте возделывали сорт ярового ячменя Эльф, норма высева семян 5,0 млн/га. Технология возделывания общепринятая для зоны. Минеральные удобрения в форме Naa (34,4% N), Pcg (48% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Kx (56% K<sub>2</sub>O) вносили вручную в разброс под предпосевную обработку почвы. Обработку посевов ячменя биопрепаратом Гумистим проводили в фазе начала колошения ячменя из расчета 6 л/га препарата, совмещая с обработкой от болезней и вредителей. Урожай убирали малогабаритным комбайном Сампо-500 сплошным поделяночным методом. Учет урожая весовой, урожайность зерна приводили к стандартной влажности. Лабораторно-аналитические исследования проводили в соответствии с методиками, принятыми в агрохимической службе согласно ГОСТ и ОСТ в центре коллективного пользования научным оборудованием и приборами Брянского ГАУ. Статистическую обработку экспериментального материала проводили по методике Б.А. Доспехова (1985).

Метеорологические исследования в годы исследований различались по температурному режиму и

влагообеспеченности. Наиболее благоприятными по погодным условиям были 2014, 2016, 2017 и 2018 гг., 2015 г. характеризовался как засушливый во вторую половину вегетационного периода.

**Результаты и их обсуждение.** По данным таблицы 1, наименьшая урожайность зерна ячменя была получена в условиях засушливого 2015 г. Она изменялась от 1,32 (контроль) до 3,99 т/га (фон II + K<sub>180</sub> + Гумистим). Наиболее высокой урожайностью зерна ячменя характеризовался 2016 г. (2,63-5,26 т/га в зависимости от варианта).

В среднем за годы исследований внесение азотно-фосфорного удобрения N<sub>90</sub>P<sub>60</sub> повышало урожайность относительно контроля на 0,36 т/га, или на 16,7%. От применения N<sub>120</sub>P<sub>90</sub> урожайность повышалась в среднем в сравнении с контролем на 1,22 т/га, или на 56,8%, а по отношению к варианту N<sub>90</sub>P<sub>60</sub> прибавка урожайности зерна составила 0,86 т/га, или 34,2%. Внесение последовательно возрастающих доз калия от 60 до 120 кг/га д.в. на фоне N<sub>90</sub>P<sub>60</sub> способствовало повышению урожайности зерна по сравнению с контролем в среднем на 0,67-1,19 т/га, применение последовательно возрастающих доз калия (K<sub>120-180</sub>) на фоне N<sub>120</sub>P<sub>90</sub> повышало урожайность относительно контроля в среднем на 1,52-1,57 т/га.

Обработка посевов препаратом Гумистим в варианте 10 способствовала повышению урожайности по сравнению с контролем на 0,15 т/га (7,0%), а на фоне N<sub>120</sub>P<sub>90</sub> на 1,55 т/га (72,1%), в сравнении с фоном II на 0,33 т/га (9,8%). Применение Гумистим на фоне N<sub>120</sub>P<sub>90</sub> с последовательно возрастающими дозами калия от 120 до 180 кг/га д.в. способствовало росту урожайности относительно абсолютного контроля в среднем за 5 лет на 1,93-2,64 т/га (90,0-123,6%) при уровне прибавки от биопрепарата Гумистим 0,41-1,07 т/га (27,0-68,2%). Максимальный урожай зерна ячменя (4,79 т/га) в среднем за 5 лет получен в варианте с применением N<sub>120</sub>P<sub>90</sub> + Гумистим.

### 1. Влияние удобрений и препарата Гумистим на урожайность зерна ячменя сорта Эльф

| Вариант                                      | Урожайность, т/га |         |         |         |         |         | Прибавка, т/га |             |
|--|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------------|-------------|
|  | 2014 г.           | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. | среднее | к контролю     | от Гумистим |
| 1. Контроль (без удобрений)                  | 2,45              | 1,32    | 2,63    | 1,99    | 2,36    | 2,15    | -              | -           |
| 2. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> – фон I   | 2,68              | 1,66    | 2,89    | 2,52    | 2,78    | 2,51    | 0,36           | -           |
| 3. Фон I + K <sub>60</sub>                   | 2,95              | 1,79    | 3,34    | 2,83    | 3,19    | 2,82    | 0,67           | -           |
| 4. Фон I + K <sub>90</sub>                   | 3,34              | 1,96    | 3,67    | 2,96    | 3,46    | 3,08    | 0,93           | -           |
| 5. Фон I + K <sub>120</sub>                  | 3,52              | 2,21    | 3,95    | 3,26    | 3,77    | 3,34    | 1,19           | -           |
| 6. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> – фон II | 3,58              | 2,48    | 3,57    | 3,39    | 3,82    | 3,37    | 1,22           | -           |
| 7. Фон II + K <sub>120</sub>                 | 3,83              | 2,73    | 3,89    | 3,52    | 4,33    | 3,67    | 1,52           | -           |
| 8. Фон II + K <sub>150</sub>                 | 4,12              | 3,13    | 4,26    | 3,97    | 4,65    | 3,43    | 1,28           | -           |
| 9. Фон II + K <sub>180</sub>                 | 4,36              | 3,37    | 4,68    | 4,35    | 4,86    | 3,72    | 1,57           | -           |
| 10. Контроль + Гумистим                      | 2,58              | 1,44    | 2,79    | 2,18    | 2,52    | 2,30    | 0,15           | 0,15        |
| 11. Фон II + Гумистим                        | 3,92              | 3,83    | 3,88    | 3,18    | 3,67    | 3,70    | 1,55           | 0,37        |
| 12. Фон II + K <sub>120</sub> + Гумистим     | 4,56              | 3,34    | 4,46    | 3,67    | 4,38    | 4,08    | 1,93           | 0,41        |
| 13. Фон II + K <sub>150</sub> + Гумистим     | 4,79              | 3,62    | 4,81    | 4,47    | 4,69    | 4,48    | 2,23           | 1,05        |
| 14. Фон II + K <sub>180</sub> + Гумистим     | 5,16              | 3,99    | 5,26    | 4,62    | 4,91    | 4,79    | 2,64           | 1,07        |
| НСР <sub>05</sub>                            | 0,13              | 0,15    | 0,21    | 0,10    | 0,18    | 0,27    |                |             |



**2. Влияние удобрений и биопрепарата Гумистим на качество зерна ячменя**

| Вариант           | Сырой белок, % | Сбор белка, т/га | Сырой жир, % | Сырая клетчатка, % | Крахмал, % | Масса 1000 зерен, г | Нитраты, мг/кг |
|-------------------|----------------|------------------|--------------|--------------------|------------|---------------------|----------------|
| 1                 | 10,1           | 0,217            | 2,2          | 8,7                | 60,3       | 52,5                | 46             |
| 2                 | 11,0           | 0,276            | 1,8          | 8,6                | 59,1       | 55,6                | 50             |
| 3                 | 11,3           | 0,319            | 1,7          | 8,5                | 58,8       | 56,2                | 54             |
| 4                 | 12,2           | 0,376            | 1,7          | 8,1                | 58,5       | 56,6                | 57             |
| 5                 | 12,5           | 0,417            | 1,8          | 8,5                | 56,4       | 56,9                | 59             |
| 6                 | 12,6           | 0,425            | 1,8          | 8,0                | 57,1       | 57,1                | 62             |
| 7                 | 13,1           | 0,481            | 2,1          | 8,0                | 58,3       | 57,5                | 66             |
| 8                 | 13,2           | 0,453            | 2,0          | 8,1                | 58,7       | 57,7                | 75             |
| 9                 | 13,4           | 0,498            | 1,9          | 7,8                | 57,6       | 57,9                | 81             |
| 10                | 10,3           | 0,237            | 2,1          | 8,0                | 58,8       | 53,2                | 39             |
| 11                | 13,0           | 0,429            | 2,0          | 8,3                | 58,4       | 56,8                | 61             |
| 12                | 13,2           | 0,539            | 1,9          | 7,8                | 58,1       | 57,7                | 67             |
| 13                | 13,3           | 0,596            | 1,9          | 7,9                | 57,3       | 57,9                | 64             |
| 14                | 13,5           | 0,647            | 2,0          | 7,9                | 57,0       | 58,0                | 68             |
| НСР <sub>05</sub> | 0,4            |                  | 0,2          | 0,3                | 1,50       | 1,1                 | 4,2            |

Примечание. Расшифровка вариантов дана в таблице 1.

Применяемые системы удобрения способствовали повышению белковости зерна ячменя (табл. 2). В среднем за 5 лет в контрольном варианте содержание сырого белка составило 10,1%. Применение азотно-фосфорного удобрения N<sub>90</sub>P<sub>60</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>90</sub> повышало его содержание в зерне ячменя по сравнению с контролем на 0,9-2,5%, возрастал и сбор белка с 0,217 т/га (контроль) до 0,276-0,425 т/га соответственно. Возрастающие дозы калия K<sub>60-120</sub> на фоне N<sub>90</sub>P<sub>60</sub> повышали белковость зерна ячменя по отношению к контролю на 1,2-2,4%. Внесение K<sub>120-180</sub> в составе N<sub>120</sub>P<sub>90</sub> увеличивало содержание сырого белка в зерне по сравнению с контролем на 3,0-3,3%, а по отношению к фону II (N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>) на 0,5-0,8%. Обработка посевов ячменя биопрепаратом Гумистим способствовала росту содержания сырого белка в зерне в зависимости от систем удобрения от 13,2 до 13,5%. В среднем за 5 лет как при отдельном применении минерального удобрения,

так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим, отмечено снижение сырого белка в зерне ячменя относительно контрольного варианта.

Содержание сырой клетчатки в зерне ячменя под влиянием изучаемых систем удобрения снижалось по вариантам с 8,7 до 7,8%. То же самое отмечалось и в отношении содержания крахмала в зерне ячменя.

Применяемые системы удобрения способствовали повышению концентрации остаточных нитратов в зерне. При обработке посевов ячменя биопрепаратом Гумистим на фоне N<sub>120</sub>P<sub>90</sub> с последовательно возрастающими дозами калия концентрация остаточных нитратов зерне снижалась. В целом концентрация нитратов изменялась в пределах 46-81 мг/кг (ПДК для зерна 93 мг/кг).

Под влиянием изучаемых в опыте средств химизации отмечено увеличение массы 1000 зерен с 54,5 г в контроле до 57,9 г при применении N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> в комплексе биопрепаратом Гумистим. Внесение

**3. Влияние удобрений и биопрепарата Гумистим на содержание <sup>137</sup>Cs в зерне ячменя**

| Вариант           | <sup>137</sup> Cs, Бк/кг |         |         |         |         | В среднем, Бк/кг | Кратность снижения, раз |
|-------------------|--------------------------|---------|---------|---------|---------|------------------|-------------------------|
|                   | 2014 г.                  | 2015 г. | 2016 г. | 2017 г. | 2018 г. |                  |                         |
| 1                 | 14                       | 20      | 14      | 20      | 19      | 17               | -                       |
| 2                 | 14                       | 22      | 20      | 17      | 22      | 19               | -                       |
| 3                 | 13                       | 18      | 9       | 14      | 14      | 12               | 1,42                    |
| 4                 | 11                       | 16      | 7       | 12      | 13      | 12               | 1,42                    |
| 5                 | 9                        | 14      | 12      | 10      | 10      | 11               | 1,55                    |
| 6                 | 16                       | 24      | 26      | 17      | 20      | 21               | -                       |
| 7                 | 11                       | 14      | 5       | 10      | 12      | 11               | 1,55                    |
| 8                 | 11                       | 12      | 4       | 9       | 8       | 9                | 1,89                    |
| 9                 | 6                        | 10      | 7       | 7       | 8       | 8                | 2,13                    |
| 10                | 14                       | 20      | 12      | 13      | 14      | 15               | 1,14                    |
| 11                | 10                       | 12      | 10      | 9       | 8       | 12               | 1,42                    |
| 12                | 9                        | 14      | 4       | 9       | 7       | 11               | 1,55                    |
| 13                | 5                        | 10      | 2       | 7       | 5       | 6                | 2,84                    |
| 14                | 3                        | 8       | 2       | 3       | 4       | 4                | 4,25                    |
| НСР <sub>05</sub> | 3                        | 5       | 2       | 4       | 3       | 3                | -                       |

Примечание. Допустимый уровень активности <sup>137</sup>Cs в зерне 60 Бк/кг.



биопрепарата на фоне применяемых систем удобрения незначительно влияло на увеличение массы 1000 зерен.

Наиболее высокое содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зерне ячменя в среднем за 5 лет было отмечено в засушливом 2015 г. (20-8 Бк/кг в зависимости от варианта), наименьшее (14-2 Бк/кг) – в 2016 г. (табл. 3).

В среднем за 5 лет удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в зерне ячменя в контроле была относительно невысокой и составляла 17 Бк/кг (норматив 60 Бк/кг). Применение  $\text{N}_{90}\text{P}_{60}$  и  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}$  способствовало увеличению содержания радионуклида в зерне. Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в этих вариантах составляла соответственно 19 и 21 Бк/кг. Последовательно возрастающие дозы калия в составе  $\text{N}_{90}\text{P}_{60}$  способствовали уменьшению содержания  $^{137}\text{Cs}$  в зерне ячменя относительно контроля в среднем в 1,42-1,55 раза. Внесение калия в дозах  $\text{K}_{120-180}$  на фоне  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}$  уменьшало удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  в зерне ячменя в 1,42 раза. Применение  $\text{K}_{120-180}$  на фоне  $\text{N}_{120}\text{P}_{90}$  в комплексе с биопрепаратом Гумистим уменьшало удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  в зерне ячменя в сравнении с контролем в 1,55-4,25 раза. Зерно ячменя по содержанию в нем  $^{137}\text{Cs}$  соответствует

нормативу и пригодно для использования на пищевые и кормовые цели без ограничений.

*Таким образом, исследования в полевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной радиоактивно загрязненной почве по изучению влияния доз минеральных удобрений и биопрепарата Гумистим показали, что обработка посевов ячменя в начале фазы колошения способствовала повышению урожайности зерна. Отмечена тенденция к увеличению белковости зерна ячменя при применении биопрепарата Гумистим. Под влиянием средств химизации снижалось содержание в зерне сырой клетчатки, сырого жира и крахмала. Удобрения, как при отдельном внесении, так и в комплексе с биопрепаратом Гумистим, увеличивали массу 1000 зерен ячменя. Применяемые средства химизации повышали в зерне концентрацию остаточных нитратов, однако их содержание не превышало предельно допустимой концентрации. Применение биопрепарата Гумистим на фоне полного минерального удобрения способствовало снижению удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в зерне от 1,55 до 4,25 раза.*

#### Литература

1. Белоус Н.М., Драганская М.Г., Бельченко С.А. Системы удобрения и реабилитация песчаных почв: монография. – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2010. – 224 с.
2. Вильдфлуш И.Р., Мижуй С.М. Влияние комплекса средств химизации на продукционный процесс, урожайность и качество ярового ячменя на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Агрехимия, 2011, № 7. – С. 70-79.
3. Белоус Н.М., Мотолько Н.Г., Береснев Б.Г., Ламин А.И. Производство зерна на интенсивной основе // Зерновое хозяйство, 1987, № 8. – С. 33-35.
4. Кузьмич М.А., Капранов В.Н., Кузьмич Л.С., Орлова Т.Г. Влияние удобрений и реакции почвенной среды на урожай и качество зерна ярового ячменя селекции Московского НИИСХ «Немчиновка» // Плодородие, 2017, № 3. – С. 1-3.
5. Белоус Н.М. Повышение плодородия песчаных почв. – М.: Колос, 1997. – 191 с.
6. Филиппов Е.Г., Романюкин А.Е. Влияние стимуляторов роста в условиях южной зоны Ростовской области // Вестник Мичуринского аграрного университета, 2011, № 2. – С. 149-152.
7. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. – М.: Издательство ВНИИА, 2009. – 152 с.
8. Карпова Г.А. Продукционный процесс и урожай ячменя при использовании биопрепаратов и регуляторов роста // Плодородие, 2008, № 4. – С. 29-31.
9. Завалин А.А., Алметов Н.С. Применение биопрепаратов и биологический азот в земледелии Нечерноземья. – М.: Издательство ВНИИА, 2009. – 152 с.
10. Драганская М.Г., Моисеенко Ф.В., Белоус Н.М. Сельскохозяйственное производство в условиях радиоактивного загрязнения // Химия в сельском хозяйстве, 1996, № 3. – С. 32-33.
11. Белоус Н.М., Драганская М.Г., Белоус И.Н., Бельченко С.А. Эффективность технологий возделывания сельскохозяйственных культур в севооборотах юго-запада Нечерноземной зоны России: Монография. – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2012. – 240 с.
12. Бельченко С.А., Дронов А.В., Ториков В.Е., Белоус И.Н. Актуальные задачи по развитию продовольственной сферы АПК Брянской области // Кормопроизводство, 2016, № 9. – С. 3-7.
13. Косьянчук В.П., Мальцев В.Ф., Белоус Н.М., Ториков В.Е. Программирование урожая сельскохозяйственных культур. Учебное пособие. – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2004. – 170 с.
14. Белоус Н.М., Воробьева Л.А., Белоус И.Н. Оптимальные параметры плодородия почвы для производства нормативно чистой продукции на территориях, загрязненных радионуклидами. – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2012. – 92 с.
15. Сычев В.Г., Лунев М.И., Орлов П.М., Белоус Н.М. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв / К 30-летию техногенной аварии на Чернобыльской АЭС. – М.: ВНИИА, 2016. – 184 с.
16. Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Ветеринарные правила и нормы ВП 13.5.13/06-01 // Ветеринар. Патология, 2002, № 4. – С. 44-45.