

DOI: 10.25637/TVAN.2018.03.12.

УДК 576.64 + 631.895:633.16

Суслов А. А., Свириденко Д. Г., Пименов Е. П., Васильева Н. А., Морозова А. И.

**ВЛИЯНИЕ «ГЕОТОНА» И МИКРОБНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА
ОЛИГОТРОФНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ В ПРИКОРНЕВОЙ ЗОНЕ
ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ**

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»

Реферат. К перспективным видам удобрений, способных обеспечить агроэкосистему необходимыми питательными веществами, относятся органоминеральные комплексы. Цель исследований – изучить влияние «ГЕОТОНА» и микробных препаратов на численность микроорганизмов олиготрофной экологической ниши (олигонитрофилов, участвующих в процессе деструкции азотистых компонентов гуминовых, фульвокислот гумуса и проведении в почве несимбиотической азотфиксации; олигокарбофилов, обеспечивающих глубокую минерализацию органического вещества почвы и начинающих его гумификацию), в прикорневой зоне ярового ячменя. Исследования проводили в 2015–2017 гг. Установлено, что в период полной спелости растений (варианты совместного использования чистых культур микроорганизмов (штаммы микроорганизмов *Bacillus* sp. 28-2, *Bacillus* sp. 19, *Bacillus* sp. 6H, *Bacillus* sp. 36, являющиеся антагонистами фитопатогенов) с органоминеральным комплексом «ГЕОТОН» в разведении 1:80) численность олигонитрофильных микроорганизмов имела тенденцию к увеличению. В фазе молочной спелости зерна (2015 и 2016 гг.) применение «ГЕОТОНА» в разведении 1:80 с инокуляцией посевного материала показало тенденцию к повышению в почве численности бактерий, вызывающих деструкцию азотистых компонентов гуминовых и фульвокислот гумуса. Зафиксированы максимальные значения численности олигонитрофилов в условиях 2017 г. в период полной спелости – $60\text{--}110 \times 10^6$ КОЕ/г почвы в вариантах применения «ГЕОТОНА» 1:60+микробный препарат и «ГЕОТОН» 1:80 + микробный препарат соответственно, в контроле – 13×10^6 КОЕ/г почвы. Отмечено, что при использовании препарата «Ризоагрин» превышение численности олигокарбофильной микрофлоры в 2015 и 2017 гг. составило 8–10 раз (с $8\text{--}10 \times 10^6$ КОЕ/г почвы в контроле до $70\text{--}80 \times 10^6$ КОЕ/г почвы) в период полной спелости растений.

Ключевые слова: «ГЕОТОН», микробные препараты, яровой ячмень *Hordeum L.*

Ведение

Стабильность и перспективы развития агропромышленного комплекса России, дальнейший рост сельскохозяйственного производства должны быть направлены на воспроизводство плодородия земель. По мнению академиков Иванова А. Л., Сычева В. Г., этого можно достичь в рамках адаптивно ландшафтных систем земледелия, где разрабатываемые агротехнологии должны учитывать почвенно-климатические условия и уровень интенсификации производства [1].

Достижение максимального результата может базироваться на сбалансированном использовании минеральных и органических удобрений, возобновлении известкования кислых почв [2].

В практическом плане выбор применяемого агрохимиката зависит от стоимости, состава макро- и микроэлементов, характера и продолжительности действия. При использовании данных препаратов необходимо учитывать

потребности растений в элементах питания, а также баланс последних в почве. В статье Сычева В. Г. указано, что в последние два десятилетия острый перекокс в сторону отдельных удобрений привел к дисбалансу питательных веществ в почве. К примеру, по данным за 2013 г. средний дефицит азота по России составляет около 1,0 млн т в год [3].

В статье Добровольской Т. Г. с соавторами отмечено, что необратимые нарушения гомеостаза и микробиологических процессов в почве наблюдаются при процессах деградации почвенного покрова. Питательный режим растений изменяется в зависимости от характера дополнительной антропогенной нагрузки. Это может привести к усилению потери элементов питания из корнеобитаемого слоя [4].

В настоящее время разработаны агроприемы рационального использования удобрений, включающие и микроэлементы. Федотова с соавторами установила влияние микроэлементного удобрения «Аквадон-Микро» на растения ячменя сорта Эльф в условиях Северо-Западного региона РФ. Действие заключалось в том, что в условиях окультуренной дерново-подзолистой почве на различных фонах удобренности стабилизировалось содержание нитратов в зеленой массе за счет лучшего усвоения азота из минеральных удобрений [5].

По мнению Думовой В. А. с соавторами, применение различных удобрений определяется как стрессовый фактор, под влиянием которого изменяется микробиом почвы [6]. Коваленко Е. В. и Малахов Н. В. установили, что в деградированных и экстенсивных агроэкосистемах преобладают группы микроорганизмов, усваивающих азот органических соединений, а в сверхинтенсивных – минеральные формы [7].

К перспективным видам удобрений, способных обеспечить агроэкосистему необходимыми питательными веществами, относятся органоминеральные комплексы. Современные препараты на основе гуминовых кислот отличаются качественным составом. В работах Полиенко Е. А. сказано, что предпосевное внесение «ВЮ-Дона» в почву обеспечило значительное повышение численности микроорганизмов основных эколого-трофических групп [8].

В ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» на основе торфа создан не имеющий аналогов в России органоминеральный комплекс «ГЕОТОН» [9]. На основании «Свидетельства о государственной регистрации пестицида или агрохимиката» №1632 от 07.12.2017 г., в соответствии с Федеральным законом от 19.07.1997 г. №109-ФЗ «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» агрохимикат «ГЕОТОН» получил государственную регистрацию № 458-18-1632-1 до 06.12.2027 г. и допускается к обороту на территории Российской Федерации [10]. Он содержит 32–45 % органического вещества, в том числе 9–12 % (22,5–30,0 г/л) гуматов калия, 9–14 % азота (N₂), 23–25 % оксида фосфора (P₂O₅), 23–29 % оксида калия (K₂O). Проведенные авторским коллективом производственные испытания «ГЕОТОНа» доказали значительное повышение продуктивности и качества зерновых культур [11].

По этой причине воздействие органоминерального комплекса, микробных препаратов (на основе азотфиксирующих, фосфатмобилизирующих микроорганизмов и антагонистов-фитопатогенов), штаммов микроорганизмов, а также совместное их влияние на группы основных утилизаторов органического вещества почвы может влиять на микробоценоз, обеспечивающий растения дополнительными легкодоступными питательными веществами. Изучение олиготрофной части почвенного микробоценоза дает возможность

дифференцированной оценки переработки промежуточного органического вещества почвы по углероду и азоту, значимым с точки зрения агроэкологических исследований.

Цель исследований – изучить влияние препарата «ГЕОТОН» и микробных препаратов на численность микроорганизмов олиготрофной экологической ниши (олигонитрофилов, участвующих в процессе деструкции азотистых компонентов гуминовых, фульвокислот гумуса и проведении в почве несимбиотической азотфиксации; олигокарбофилов, обеспечивающих глубокую минерализацию органического вещества почвы и начинающих его гумификацию) в прикорневой зоне ярового ячменя.

Материалы и методы исследований

Микрополевые опыты проводили в течение вегетационных сезонов 2015–2017 гг. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая. Площадь делянки – 2,25 м². Повторность опыта – четырехкратная с рендомизированным размещением делянок. Сорт ярового ячменя – Нур.

Агрохимические показатели опытного участка: рН_{КСl} = 4,7; гидролитическая кислотность – 4,12 мг-экв./100 г почвы; содержание гумуса – 1,2 %; содержание подвижного фосфора и обменного калия – 124 и 135 мг/кг почвы, Са и Mg – 1,17 и 0,21 мг-экв./100 г почвы соответственно, сумма поглощенных оснований – 1,80 мг-экв./100 г почвы.

В исследованиях использовали «ГЕОТОН» в разведениях 1:60 и 1:80, а также микробные препараты (разработки ФГБУН «НИИСХ Крыма»): «Ризоагрин» (на основе ассоциативных азотфиксаторов – *Agrobacterium radiobacter* 204), «Фосфоэнтерин» (на основе фосфатмобилизаторов – *Enterobacter nimipressuralis* 32-3), «Биополицид» (на основе антагонистов-фитопатогенов *Paenibacillus polymyxa* П), штаммы микроорганизмов *Bacillus* sp. 28-2, *Bacillus* sp. 19, *Bacillus* sp. 6Н, *Bacillus* sp. 36, являющиеся антагонистами фитопатогенов. Обработку микробными препаратами из расчета 0,3 мл препарата (по весу зерна на делянке) проводили в день посева. Согласно схемы опыта, в данные сроки вносили и органоминеральный комплекс.

Отбор почвенных проб из прикорневой зоны растений проводили в фазы молочной и полной спелости. Смешанную пробу составляли образцы из пяти точечных проб, отобранных методом «конверта» [12]. Варианты опыта следующие:

1. Контроль (вода);
2. «ГЕОТОН» (1:60);
3. «ГЕОТОН» (1:80);
4. «Биополицид»;
5. «Фосфоэнтерин»;
6. «Ризоагрин»;
7. *Bacillus* sp. 28-2;
8. *Bacillus* sp. 19;
9. *Bacillus* sp. 6Н;
10. *Bacillus* sp. 36
11. «ГЕОТОН» (1:60) + «Биополицид»;
12. «ГЕОТОН» (1:80) + «Биополицид»;
13. «ГЕОТОН» (1:60) + «Фосфоэнтерин»;
14. «ГЕОТОН» (1:80) + «Фосфоэнтерин»;
15. «ГЕОТОН» (1:60) + «Ризоагрин»;
16. «ГЕОТОН» (1:80) + «Ризоагрин»;
17. «ГЕОТОН» (1:60) + *Bacillus* sp. 28-2;
18. «ГЕОТОН» (1:80) + *Bacillus* sp. 28-2;

19. «ГЕОТОН» (1:60) + *Bacillus* sp.
20. «ГЕОТОН» (1:80) + *Bacillus* sp.
21. «ГЕОТОН» (1:60) + *Bacillus* sp. 6Н;
22. «ГЕОТОН» (1:80) + *Bacillus* sp. 6Н;
23. «ГЕОТОН» (1:60) + *Bacillus* sp. 36;
24. «ГЕОТОН» (1:80) + *Bacillus* sp. 36.

Чашечным методом посева на твердые питательные среды определяли численность групп почвенного микробоценоза – основных утилизаторов органического вещества на конечной стадии его превращения: олигокарбофиллов (на голодном агаре – ГА) и олигонитрофиллов (на среде Эшби) [13, 14]. Они контролируют процессы превращения органического вещества и отвечают за глубокую минерализацию органического вещества почвы и начало его гумификации, деструкцию азотистых компонентов гуминовых и фульвокислот гумуса и проведение в почве несимбиотической азотфиксации [14]. Повторность микробиологического посева – трехкратная, из предварительно подобранного разведения. Численность микроорганизмов выражали в колониеобразующих единицах на грамм (КОЕ/г) абсолютно сухой почвы. Статистическую обработку проводили по отклонению средних величин [15].

Результаты и их обсуждение

Применение органоминерального комплекса и микробных препаратов в 2015 г. влияло на численность олигонитрофильной группы микроорганизмов почвы корнеобитаемой зоны ярового ячменя (таблица 1). В фазе молочной спелости в вариантах *Bacillus* sp. 36, «ГЕОТОН» (1:80) + *Bacillus* sp. 6Н, «ГЕОТОН» (1:80) + «Биополицид», «ГЕОТОН» (1:80) + «Фосфоэнтерин», «ГЕОТОН» (1:80) + *Bacillus* sp. 28-2, «ГЕОТОН» (1:60) + *Bacillus* sp. 6Н данный показатель находился в пределах $20\text{--}50 \times 10^6$ КОЕ/г почвы относительно контрольного значения – 68×10^6 КОЕ/г почвы. В фазе полной спелости в вариантах использования «ГЕОТОНа» (1:80) + штаммов антагонистов-фитопатогенов значение было на уровне $45\text{--}60 \times 10^6$ КОЕ/г почвы. В варианте «ГЕОТОН» (1:60) + штаммы антагонисты-фитопатогенов количественный показатель олигонитрофилов составил $20\text{--}30 \times 10^6$ КОЕ/г почвы. Можно предположить, что в данном периоде онтогенеза наблюдается усиление процессов деструкции азотистых компонентов гуминовых и фульвокислот гумуса.

В 2016 г. численность олигонитрофильной микрофлоры в прикорневой зоне растений ярового ячменя отличалась в зависимости от применяемых препаратов. В фазе полной спелости в варианте «ГЕОТОН» (1:80) + штамм микроорганизмов значения данного показателя находились в пределах $50\text{--}100 \times 10^6$ КОЕ/г почвы. При использовании «ГЕОТОНа» 1:80 количество деструкторов азотистых компонентов гуминовых и фульвокислот находилось на уровне 30×10^6 КОЕ/г почвы. Таким образом, совместное использование чистых культур микроорганизмов с «ГЕОТОНом» (меньшей концентрации), в период полной спелости растений способствовало усилению процессов деструкции азотистых компонентов гуминовых и фульвокислот гумуса.

В прикорневой зоне ярового ячменя в варианте «ГЕОТОН» 1:80 в фазе молочной спелости численность олигонитрофильной микрофлоры во влажных условиях 2017 г. составила 138×10^6 КОЕ/г почвы. В фазу полной спелости в вариантах совместного применения «ГЕОТОН» (1:80) + «Биополицид», «ГЕОТОН» (1:80) + «Фосфоэнтерин», «ГЕОТОН» (1:80) + «Ризоагрин» значение данного показателя находилось на уровне $70\text{--}110 \times 10^6$ КОЕ/г почвы, относительно контроля – 13×10^6 КОЕ/г почвы.

Таблица 1 – Численность олигонитрофильной микрофлоры в прикорневой зоне ярового ячменя

Вариант	Численность олигонитрофилов в почве, $\times 10^6$ КОЕ/г почвы					
	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
	молочная спелость	полная спелость	молочная спелость	полная спелость	молочная спелость	полная спелость
Контроль (вода)	67 ± 1,7	57 ± 6,2	40 ± 2,0	40 ± 5,0	94 ± 4,0	13 ± 1,8
«ГЕОТОН» (1:60)	53 ± 2,2	23 ± 1,2	38 ± 3,6	60 ± 5,6	107 ± 8,4	15 ± 1,5
«ГЕОТОН» (1:80)	75 ± 5,6	65 ± 7,5	26 ± 6,8	28 ± 1,6	138 ± 3,5	21 ± 3,9
«Биополицид»	63 ± 4,2	44 ± 2,8	40 ± 1,5	63 ± 1,8	74 ± 3,8	26 ± 2,6
«Фосфоэнтгерин»	72 ± 2,1	63 ± 3,5	46 ± 1,4	69 ± 9,3	87 ± 8,3	35 ± 3,5
«Ризоагрин»	65 ± 2,4	59 ± 5,5	31 ± 6,9	96 ± 5,8	81 ± 1,8	22 ± 3,5
<i>Bacillus</i> sp. 28-2	46 ± 1,9	19 ± 2,6	41 ± 4,1	63 ± 5,0	82 ± 1,1	47 ± 4,7
<i>Bacillus</i> sp. 19	48 ± 5,8	39 ± 4,8	38 ± 7,8	52 ± 1,6	94 ± 1,6	36 ± 5,3
<i>Bacillus</i> sp. 6H	69 ± 7,4	29 ± 4,1	66 ± 3,8	23 ± 2,8	57 ± 5,0	7 ± 0,3
<i>Bacillus</i> sp. 36	39 ± 5,9	72 ± 6,8	91 ± 1,7	58 ± 4,9	121 ± 4,5	110 ± 3,1
«ГЕОТОН» (1:60) + «Биополицид»	45 ± 6,5	43 ± 4,3	84 ± 1,8	54 ± 1,1	52 ± 7,8	106 ± 1,5
«ГЕОТОН» (1:80) + «Биополицид»	23 ± 2,4	27 ± 3,1	42 ± 4,7	27 ± 0,9	76 ± 6,2	70 ± 1,0
«ГЕОТОН» (1:60) + «Фосфоэнтгерин»	42 ± 3,9	30,0 ± 5,5	33 ± 4,4	58 ± 7,3	37 ± 3,9	83 ± 0,6
«ГЕОТОН» (1:80) + «Фосфоэнтгерин»	30 ± 1,7	33 ± 6,5	57 ± 2,7	73 ± 1,2	24 ± 4,8	93 ± 2,8
«ГЕОТОН» (1:60) + «Ризоагрин»	53 ± 6,2	50 ± 9,3	33 ± 4,7	118 ± 1,4	72 ± 7,0	110 ± 1,0
«ГЕОТОН» (1:80) + «Ризоагрин»	48 ± 4,6	30 ± 2,6	44 ± 7,6	107 ± 7,1	90 ± 5,3	100 ± 2,2
«ГЕОТОН» (1:60) + <i>Bacillus</i> sp. 28-2	42 ± 14,9	45 ± 2,1	81 ± 0,6	38 ± 1,3	42 ± 2,5	22 ± 1,3
«ГЕОТОН» (1:80) + <i>Bacillus</i> sp. 28-2	29 ± 4,57	46 ± 1,5	47 ± 4,0	45 ± 5,2	32 ± 2,9	25 ± 1,1
«ГЕОТОН» (1:60) + <i>Bacillus</i> sp. 19	45 ± 8,0	30 ± 2,0	32 ± 7,1	68 ± 2,8	27 ± 1,3	21 ± 4,8
«ГЕОТОН» (1:80) + <i>Bacillus</i> sp. 19	37 ± 4,7	45 ± 2,9	59 ± 3,7	83 ± 0,8	53 ± 2,3	34 ± 8,7
ГЕОТОН (1:60) + <i>Bacillus</i> sp. 6H	24 ± 3,4	34 ± 4,7	68 ± 2,7	57 ± 5,8	42 ± 0,8	43 ± 2,2
«ГЕОТОН» (1:80) + <i>Bacillus</i> sp. 6H	21 ± 2,6	51 ± 2,6	57 ± 0,9	89 ± 0,9	38 ± 5,6	43 ± 4,6
«ГЕОТОН» (1:60) + <i>Bacillus</i> sp. 36	36 ± 3,5	23 ± 2,1	35 ± 1,8	96 ± 0,8	60 ± 7,8	18 ± 1,5
«ГЕОТОН» (1:80) + <i>Bacillus</i> sp. 36	40 ± 3,1	57 ± 2,8	38 ± 1,5	109 ± 2,8	37 ± 3,0	26 ± 2,7

В фазе молочной спелости (2015 г., прикорневая зона ярового ячменя) в варианте «ГЕОТОН» (1:80) + штамм микроорганизмов численность олигокарбофильной микрофлоры микроорганизмов была в пределах $20\text{--}40 \times 10^6$ КОЕ/г почвы (таблица 2).

При совместном внесении «ГЕОТОНа» (1:60) и штамма микроорганизмов показатель зафиксирован на уровне $10\text{--}20 \times 10^6$ КОЕ/г почвы. Максимальное значение этого показателя – 70×10^6 КОЕ/г почвы в условиях 2015 г. отмечено в фазу полной спелости в варианте с «Ризоагрином».

Таблица 2 – Численность олигокарбофильной микрофлоры в прикорневой зоне ярового ячменя

Вариант	Численность олигонитрофилов в почве, $\times 10^6$ КОЕ/г почвы					
	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
	молочная спелость	полная спелость	молочная спелость	полная спелость	молочная спелость	полная спелость
Контроль (вода)	38 \pm 6,2	7 \pm 0,6	23 \pm 3,8	75 \pm 1,3	38 \pm 1,1	7,0 \pm 0,4
«ГЕОТОН» (1:60)	30 \pm 4,2	21 \pm 1,4	18 \pm 2,0	29 \pm 2,4	29 \pm 4,8	21,3 \pm 5,3
«ГЕОТОН» (1:80)	24 \pm 8,5	9 \pm 0,9	25 \pm 6,5	54 \pm 7,7	24 \pm 4,1	8,8 \pm 1,7
«Биополицид»	44 \pm 8,3	42 \pm 0,5	29 \pm 1,3	47 \pm 0,8	44 \pm 0,9	41,8 \pm 8,6
«Фосфоэнттерин»	32 \pm 5,7	42 \pm 0,9	23 \pm 1,8	85 \pm 7,2	32 \pm 4,3	42,8 \pm 6,0
«Ризоагрин»	23 \pm 3,8	84 \pm 1,2	114 \pm 20,3	63 \pm 9,1	23 \pm 4,3	84,3 \pm 6,3
<i>Bacillus</i> sp. 28-2	18 \pm 5,5	37 \pm 0,4	113 \pm 10,5	64 \pm 6,7	18 \pm 2,5	37,5 \pm 5,6
<i>Bacillus</i> sp. 19	24 \pm 4,2	14 \pm 0,2	45 \pm 4,4	56 \pm 2,3	24 \pm 1,3	14,5 \pm 2,1
<i>Bacillus</i> sp. 6H	49 \pm 7,0	21 \pm 0,1	63 \pm 8,9	70 \pm 3,0	49 \pm 4,3	49,7 \pm 1,9
<i>Bacillus</i> sp. 36	94 \pm 3,0	46 \pm 0,7	39 \pm 9,0	27 \pm 2,4	19 \pm 1,1	28,7 \pm 2,2
«ГЕОТОН» (1:60) + «Биополицид»	60 \pm 5,2	34 \pm 0,8	26 \pm 0,6	15 \pm 0,8	68 \pm 1,3	34 \pm 2,7
«ГЕОТОН» (1:80) + «Биополицид»	43 \pm 3,5	31 \pm 0,6	30 \pm 4,3	67 \pm 3,9	43 \pm 5,2	31 \pm 2,7
«ГЕОТОН» (1:60) + «Фосфоэнттерин»	48 \pm 6,5	43 \pm 0,9	32 \pm 6,7	22 \pm 5,0	48 \pm 1,4	44 \pm 2,3
«ГЕОТОН» (1:80) + «Фосфоэнттерин»	73 \pm 3,2	25 \pm 1,2	164 \pm 35,6	56 \pm 2,0	73 \pm 1,5	25 \pm 3,6
«ГЕОТОН» (1:60) + «Ризоагрин»	31 \pm 4,2	28 \pm 1,7	56 \pm 6,5	21 \pm 2,2	32 \pm 2,4	28 \pm 2,1
«ГЕОТОН» (1:80) + «Ризоагрин»	25 \pm 2,5	26 \pm 1,1	99 \pm 12,7	89 \pm 10,2	25 \pm 1,8	26 \pm 1,2
«ГЕОТОН» (1:60) + <i>Bacillus</i> sp. 28-2	52 \pm 3,5	8 \pm 0,4	88 \pm 23,1	51 \pm 7,6	52 \pm 4,1	8 \pm 2,2
«ГЕОТОН» (1:80) + <i>Bacillus</i> sp. 28-2	41 \pm 3,1	32 \pm 0,9	67 \pm 11,2	60 \pm 2,0	41 \pm 4,8	31 \pm 6,0
«ГЕОТОН» (1:60) + <i>Bacillus</i> sp. 19	27 \pm 2,5	42 \pm 0,4	103 \pm 24,8	66 \pm 2,0	27 \pm 3,2	42 \pm 1,7
«ГЕОТОН» (1:80) + <i>Bacillus</i> sp. 19	34 \pm 5,5	51 \pm 0,9	97 \pm 24,3	91 \pm 5,3	34 \pm 6,4	51 \pm 1,1
ГЕОТОН (1:60) + <i>Bacillus</i> sp. 6H	55 \pm 3,1	53 \pm 1,8	155 \pm 20,6	55 \pm 3,7	55 \pm 7,1	54 \pm 3,2
«ГЕОТОН» (1:80) + <i>Bacillus</i> sp. 6H	57 \pm 1,7	44 \pm 1,4	74 \pm 12,1	65 \pm 4,8	57 \pm 0,9	44 \pm 2,1
«ГЕОТОН» (1:60) + <i>Bacillus</i> sp. 36	17 \pm 3,5	32 \pm 1,5	74 \pm 7,8	75 \pm 0,8	17 \pm 3,4	32 \pm 3,7
«ГЕОТОН» (1:80) + <i>Bacillus</i> sp. 36	48 \pm 2,6	31 \pm 1,3	54 \pm 3,8	68 \pm 2,8	48 \pm 2,7	31 \pm 2,6

При обработке посевного материала ярового ячменя в 2016 г. препаратом «ГЕОТОН» в концентрациях 1:60 и 1:80 численность группы олигокарбофилов находилась в пределах 20–30 $\times 10^6$ КОЕ/г почвы (прикорневая зона растений, фаза молочной спелости). В варианте использования «ГЕОТОНа» (1:80) отдельно и в сочетании с микробными препаратами численность микроорганизмов, усваивающих углеродсодержащие соединения, составила 40–80 $\times 10^6$ КОЕ/г почвы (фаза полной спелости). В вариантах совместного применения органоминерального комплекса

(1:60) и штаммов микроорганизмов определяемый показатель был ниже контроля (40×10^6 КОЕ/г почвы) и составил 20×10^6 КОЕ/г почвы.

Данные 2017 г. указывают на значительные повышение (в зависимости от опытных вариантов) численности олигокарбофилов в прикорневой зоне растений ярового ячменя (фаза полной спелости). В данный период органогенеза сочетание микробных препаратов и «ГЕОТОНа» в концентрациях 1:60 и 1:80 показало количественные значения данной группы микроорганизмов на уровне $70\text{--}110 \times 10^6$ КОЕ/г почвы. При этом контрольный показатель составил 13×10^6 КОЕ/г почвы.

Таким образом, в 2017 г. в фазе полной спелости в прикорневой зоне растений возросла группа микроорганизмов, отвечающих за глубокую минерализацию органического вещества почвы и начало его гумификации.

Сопоставляя полученные данные, можно указать на получение аналогичных результатов в части увеличения численности групп микроорганизмов в почве некоторыми исследователями. Они говорят о возрастании численности азотфиксаторов, аммонификаторов и нитрификаторов, целлюлозоразлагающих и маслянокислых бактерий, почвенных микромицетов [16, 17].

Сотрудники ФГБУН «НИИСХ Крыма» в своих исследованиях показали высокую активность олиготрофной микрофлоры в прикорневой зоне масличных культур на южных черноземах, при использовании высокоактивных штаммов микроорганизмов [18].

Выводы

Установлено, что в период полной спелости растений (варианты совместного использования чистых культур микроорганизмов с органоминеральным комплексом «ГЕОТОН» в разведении 1:80) численность олигонитрофильных микроорганизмов имела тенденцию к увеличению. В фазе молочной спелости зерна (2015 и 2016 гг.) применение «ГЕОТОНа» в разведении 1:80 с инокуляцией посевного материала показало тенденцию к повышению в почве численности бактерий, вызывающих деструкцию азотистых компонентов гуминовых и фульвокислот гумуса. Зафиксированы максимальные значения численности олигонитрофилов в условиях 2017 г. в период полной спелости – $60\text{--}110 \times 10^6$ КОЕ/г почвы в вариантах применения «ГЕОТОНа» (1:60) + микробный препарат и «ГЕОТОНа» (1:80) + микробный препарат, в контроле – 13×10^6 КОЕ/г почвы. Отмечено, что при использовании препарата «Ризоагрин» численность олигокарбофильной микрофлоры в 2015 и 2017 годах увеличилась в восемь–десять раз (с $8\text{--}10 \times 10^6$ КОЕ/г почвы в контроле до $70\text{--}80 \times 10^6$ КОЕ/г почвы) в период полной спелости растений.

Литература

1. Агробиологический цикл фосфора // Под ред. Иванова А. Л. М.: Россельхозакадемия, 2012. 512 с.
2. Чекмарев П. А. Воспроизводство плодородия – залог стабильного развития агропромышленного комплекса России // Плодородие. 2018. № 1. С. 4–7.
3. Сычев В. Г., Шафран С. А. Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений. М.: изд-во ВНИИА, 2013. 296 с.
4. Добровольская Т. Г., Звягинцев Л. Г., Чернов И. Ю., Головченко А. В., Зенова Г. М., Лысак Л. В., Манучарова Н. А., Марфенина О. Е., Полянская Л. М., Степанов А. Л., Умаров М. М. Роль микроорганизмов в экологических функциях почв // Почвоведение. 2015. № 9. С. 1087–1096.
5. Федотова Е. Н., Федорова Ю. Н., Рысев М. Н. Зависимость развития растений и накопления нитратов в продукции от факторов окружающей среды и удобрений // Агрохимический вестник. 2018. № 2. С. 53–56.
6. Думова В. А., Першина Е. В., Мерзлякова Я. В., Круглов Ю. В., Андронов Е. Е. Основные тенденции в формировании почвенного микробного сообщества в условиях стационарного полевого опыта по данным высокопроизводительного секвенирования библиотек гена 16S-rPHK // Сельскохозяйственная биология. 2013. № 5. С. 85–92.

7. Коваленко Е. В., Малахов Н. В. Изменение численности и активности почвенной биоты в агроэкосистемах разной интенсивности // Агрохимический вестник. № 3. 2016. С. 44–48.
8. Полиенко Е. А. Экологическая оценка влияния гуминовых препаратов на состояние почв и растений. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Ростов-на-Дону: ФГАОУ ВО «Южный Федеральный университет». 2016. 24 с.
9. Патент 2490241 РФ, МПК C05F 11/02, C05D 9/02. Органоминеральное комплексное удобрение и способ его получения // Ратников А. Н., Санжарова Н. И., Петров К. В., Жигарева Т. Л., Свириденко Д. Г., Попова Г. И., Бочкарев С. Н., Иванов И. А., Ульрих В. И.; патентообладатель ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии». № 2012102125/13; заявл. 23.01.2012; опубл. 20.08.2013, Бюл. № 23. 9 с.
10. «АгроЭкоТех». [Электронный ресурс]. Точка доступа: <http://agroecotech.ru/dokumenty/patenty.html> (дата обращения 10.09.2018).
11. Ратников А. Н., Санжарова Н. И., Петров К. В., Свириденко Д. Г., Попова Г. И., Суслон А. А., Лашкиба Н. А., Иванов И. А., Семешкина П. С., Дадаева Т. А., Амелюшкина Т. А., Мазуров М. В. Применение нового биологически активного органоминерального комплекса «ГЕОТОН» в технологиях возделывания зерновых культур и кукурузы. Обнинск: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», 2017. 30 с.
12. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. [Электронный ресурс]. Точка доступа: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/38689> (дата обращения 18.05.2017).
13. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М.: Дрофа, 2004. 256 с.
14. Титова В. И., Козлов А. В. Методы оценки функционирования микробиоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества. Научно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородская сельскохозяйственная академия, 2012. 64 с.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 336 с.
16. Тихонов В. В., Якушев А. В., Завгородняя Ю. А., Бызов Б. А., Демин В. В. Действие гуминовых кислот на рост бактерий // Почвоведение. 2010. № 3. С. 333–341.
17. Безуглова О. С., Лыхман В. А., Горюцов А. В., Полиенко Е. А. Влияние гуминового удобрения на структуру и микробиологическую активность чернозема южного под различными культурами // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 6. С. 164–168.
18. Горгулько Т. В. Структурно-функциональные особенности микробиоценоза и продуктивность растений *Silybum marianum* (L.) Grantz и *Camelina sativa* (L.) в агроценозах Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 1(13). С. 7–15.

References

1. Agrobiological cycle of phosphorus // Ed. by Ivanov A. L. Moscow: Rosselkhozakademiya, 2012. 512 p.
2. Chekmarev P. A. Fertility recovery is a fundament of sustainable development of Russian agribusiness // Plodorodie. 2018. No. 1. P. 4–7.
3. Sychev V. G., Shafran S. A. Agrochemical properties of soils and efficiency of mineral fertilizers. Moscow: VNIIA Publishing House, 2013. 296 p.
4. Dobrovolskaya T. G., Zvyagintsev L. G., Chernov I. Yu. Golovchenko A. V., Zenova G. M., Lysak L. V., Manucharova N. A., Marfenina O. E., Polyanskaya L. M., Stepanov A. L., Umarov M. M. The role of microorganisms in the ecological functions of soils // Pochvovedenie. 2015. No. 9. P. 1087–1096.
5. Fedotova E. N. Fedorova Yu. N., Rysev M. N. Dependence of plants development and nitrates accumulation in output on environmental factors and fertilizers // Agrochemical Herald (Agrokhimicheskii Vestnik). 2018. No. 2. P. 53–56.
6. Dumova V. A., Pershina E. V., Merzlyakova Ya. V., Kruglov Yu. V., Andronov E. E. The main trends in dynamics of soil microbiom during a long-term field experiment as indicated by high throughput sequencing the 16s-rRNA gene libraries // Sel'skokhozyaistvennaya biologiya (Agricultural biology). 2013. No. 5. P. 85–92.
7. Kovalenko E. V., Malakhov N. V. Changes of quantity and activity of soil biota in agroecosystems of different intensity // Agrochemical Herald (Agrokhimicheskii Vestnik). 2016. No. 3. P. 44–48.
8. Polienko E. A. Ecological assessment of the influence of humic preparations on the state of soils and plants. Authors' abstract. diss. ... cand. Sc. (Biol.). Rostov-on-Don: Southern Federal University, 2016. 24 p.
9. Patent 2490241 of the Russian Federation, IPC C05F 11/02, C05D 9/02. Organic mineral complex fertilizer and the method of its production. Ratnikov A. N., Sanzharova N. I., Petrov K. V., Zhigareva T. L., Sviridenko D. G., Popova G. I., Bochkarev S. N., Ivanov I. A., Ulrich V. I.; patent holder is All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Radiology and Agroecology. No. 2012102125/13; appl. 23.01.2012; publ. August 20, 2013. Bul. № 23. 9 p.
10. “AgroEcoTech”. [Electronic resource]. Access point: <http://agroecotech.ru/dokumenty/patenty.html> (reference's date 10.09.2018.)

11. Ratnikov A. N., Sanzharova N. I., Petrov K. V., Sviridenko D. G., Popova G. I., Suslov A. A., Lashkiba N. A., Ivanov I. A., Semeshkina P. S., Dadaeva T. A., Amelyushkina T. A., Mazurov M. V. Application of a new biologically active organic mineral complex “GEOTON” in technologies of cultivation of grain crops and maize. Obninsk: FSBSI “All-Russian Scientific Research Institute of Agricultural Radiology and Agroecology”, 2017. 30 p.
12. GOST 28168-89. Soils. Sampling. [Electronic resource]. Access point: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/38689>. (reference's date 18.05. 2017).
13. Tepper E. Z., Shilnikova V. K., Pereverzeva G. I. Practical work on microbiology. Moscow: Drofa, 2004. 256 p.
14. Titova V. I., Kozlov A.V. Methods for assessing the functioning of the microbocenosis of soil involved in the transformation of organic matter: Scientific and methodological manual. Nizhny Novgorod Nizhegorodsk Agriculture academy, 2012. 64 p.
15. Dospelkov B. A. Methods of field research. Moscow: Kolos, 1985. 336 p.
16. Tikhonov V. V., Yakushev A. V., Zavgorodnyaya Y. A., Byzov B. A., Demin V. V. Effect of humic acids on bacterial growth // Pochvovedenie. 2010. No. 3. P. 333–341.
17. Bezuglova O. S., Likhman V. A., Gorovtsov A. V., Polienko E. A. Influence of humic fertilizer on structure and microbiological activity of southern chernozem under various cultures // Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2015. Vol. 17. No. 6. P. 164–168.
18. Gorgulko T. V. Structural and functional features of microbiocenosis and productivity of *Camelina sativa* (L.) Grantz and *Silybum marianum* (L.) Grantz in agrocenoses of the Crimea // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2018. No. 1 (13). P. 7–15.

UDC 576.64 + 631.895:633.16

Suslov A. A., Sviridenko D. G., Pimenov E. P., Vasil'eva N. A., Morozova A. I.

EFFECT OF “GEOTON” AND MICROBIAL PREPARATIONS ON OLIGOTROPHIC MICROORGANISMS IN THE RHIZOSPHERE OF SPRING BARLEY

Summary. *Organic mineral complexes are promising types of fertilizers that can provide the agroecosystem with the necessary nutrients. The aim of the research was to study the influence of “GEOTON” and microbial preparations on oligotrophic microorganisms (oligonitrophils that are involved in the process of destruction nitrogenous components of humic and fulvic acids and carrying out non-symbiotic nitrogen fixation; oligocarbophils that provide deep mineralization of soil organic matter and begin its humification) in the rhizosphere of spring barley. The experiments were carried out from 2015 to 2017. During our study we determined that in the period of full ripeness of plants, variants with joint use of pure cultures of microorganisms (strains of microorganisms *Bacillus* sp. 28-2, *Bacillus* sp. 19, *Bacillus* sp. 6H, *Bacillus* sp. 36, which are antagonists of phytopathogens) and organic mineral complex “GEOTON” (dilution 1:80) the number of oligonitrophilic microorganisms tended to increase. The tendency of growth in the soil of groups assimilating from the soil solution nitrogen compounds was noted. It has been established that in the period of complete ripeness of plants, when “GEOTON” (1:80) + variant of the microorganism was used, the number of oligonitrophils increase (from $20\text{--}30 \times 10^6$ CFU/g soil) compared to “GEOTON” (1:60) + strain of microorganism (up to $45\text{--}60 \times 10^6$ CFU/g soil). In the phase of milk ripeness (2015 and 2016), the application of “GEOTON” 1:80 with inoculation showed a tendency to increase the number of bacteria that are involved in the process of destruction nitrogenous components of humic and fulvic acids of humus. The values of 2017 were fixed in the phase of full ripeness of $60\text{--}110 \times 10^6$ CFU/g soil according to “GEOTON” (1:60) + microbial preparation and “GEOTON” (1:80) + microbial preparations, 13×10^6 CFU/g soil. It was noted that when using the “Rhizoagrin” preparation, the increase in the oligocarbophils group was 9–10 times (in 2015 and 2017 (from $8\text{--}10 \times 10^6$ CFU/g soil on the control to $70\text{--}80 \times 10^6$ CFU/g soil) during the full ripeness of plants.*

Keywords: “GEOTON”, microbial preparations, spring barley *Hordeum L.*

Сулов Алексей Афанасьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»; 249032, Россия, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; e-mail: ecology2003@ukr.net.

Свириденко Дмитрий Георгиевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»; 249032, Россия, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; e-mail: iglina-lv@mail.ru.

Пименов Евгений Павлович, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией микробиологии ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»; 249032, Россия, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; e-mail: ecology2003@ukr.net.

Васильева Наиля Анатольевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»; 249032, Россия, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; e-mail: nellyanat@yandex.ru.

Морозова Анастасия Ивановна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»; 249032, Россия, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; e-mail: anastasiya87-03@yandex.ru.

Suslov Aleksey Afanasievich, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher, leading researcher of FSBSI “Russian Research Institute of Radiology and Agroecology”; 109 km, Kiev shosse, Obninsk, Kaluga region, 249032, Russia; e-mail: ecology2003@ukr.net.

Sviridenko Dmitriy Georgievich, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of FSBSI “Russian Research Institute of Radiology and Agroecology”; 109 km, Kiev shosse, Obninsk, Kaluga region, 249032, Russia; e-mail: iglina-lv@mail.ru.

Pimenov Evgeniy Pavlovich, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of FSBSI “Russian Research Institute of Radiology and Agroecology”; 109 km, Kiev shosse, Obninsk, Kaluga region, 249032, Russia; e-mail: ecology2003@ukr.net.

Vasil'eva Nailya Anatolievna, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of FSBSI “Russian Research Institute of Radiology and Agroecology”; 109 km, Kiev shosse, Obninsk, Kaluga region, 249032, Russia; e-mail: nellyanat@yandex.ru.

Morozova Anastasiya Ivanovna, junior researcher of FSBSI “Russian Research Institute of Radiology and Agroecology”; 109 km, Kiev shosse, Obninsk, Kaluga region, 249032, Russia; e-mail: anastasiya87-03@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 05.05.2018.

Дата принятия к печати – 24.09.2018.