

## Применение гуминового удобрения ВЮ-Don на чернозёме обыкновенном под озимую пшеницу

© 2015. О. С. Безуглова<sup>1,2</sup>, д.б.н., профессор, Е. А. Полиенко<sup>1</sup>, зав. лабораторией, А. В. Горовцов<sup>1,2</sup>, к.б.н., с.н.с., В. А. Лыхман<sup>1,2</sup>, м.н.с., аспирант,  
<sup>1</sup>Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства,  
<sup>2</sup>Южный федеральный университет,  
e-mail: lola314@mail.ru

Рассматриваются результаты применения гуминового удобрения ВЮ-Don, полученного путём экстракции из продуктов переработки навоза дождевым червём, на посевах озимой пшеницы. Полевые опыты закладывались на чернозёме обыкновенном карбонатном. Показано наличие в составе гуминового удобрения штаммов полезных микроорганизмов. Предпосевное внесение биопрепарата ВЮ-Don в почву и двукратная обработка посевов пшеницы (в фазе кущения и выхода в трубку) привела к стимуляции численности почвенной микрофлоры, достигающей у грибов и целлюлозоразрушающих актиномицетов более, чем 150% прибавки в численности. Содержание подвижного фосфора на вариантах с ВЮ-Don на протяжении всей вегетации было существенно выше, чем на варианте с минеральными удобрениями (фон). В условиях дефицита фосфора, свойственного карбонатным чернозёмом, это явилось одним из факторов оптимизации питания растений.

Прибавка урожайности озимой пшеницы при использовании удобрения ВЮ-Don в производственном эксперименте составила от 6,9 до 12,8 ц/га, то есть до 35% по сравнению с фоном. Эффективность применения биопрепарата под озимую пшеницу на чернозёме обыкновенном карбонатном обусловлена стимулирующим биологическую активность почвы действием, а также положительным влиянием на содержание подвижного фосфора и состояние почвенной структуры.

The results of the winter wheat treatment with ВЮ-Don humic fertilizer, obtained by extraction from the products of earthworm manure are discussed. Field experiments were carried out on ordinary chernozem carbonate. The presence of beneficial microorganisms strains in the humic fertilizer has been shown.

Preplant treatment of soil with biological product ВЮ-Don and double treatment of wheat crops (in the phase of tillering and booting) resulted in stimulation of soil microflora population, which reached more than 150% for soil fungi and cellulose decomposing actinomycetes. The content of mobile phosphorus in the variants with ВЮ-Don throughout the growing season was significantly higher than in the variant with mineral fertilizers (background). Given the shortage of phosphorus, characteristic of carbonate chernozem, it was one of the factors that optimized the plant nutrition.

The increase of the yield of winter wheat upon the usage of ВЮ-Don fertilizer in the production experiment ranged from 6.9 to 12.8 t/ha, which is up to 35% compared to the background. The positive effect of biological preparation for winter wheat on ordinary carbonate chernozem is due to its stimulating action on soil biological activity, as well as a positive influence on the content of available phosphorus and the soil structural state.

**Ключевые слова:** гуминовое удобрение, чернозём, озимая пшеница, элементы питания, микробиологическая активность

**Keywords:** humic fertilizer, chernozem, winter wheat, mineral nutrition, microbiological activity.

### Введение

Исследованиями, обобщёнными в известной монографии [1], доказано, что гуминовые вещества (ГВ) обладают стимулирующим и адаптогенным действием на клеточном и субклеточном уровнях. Под воздействием ГВ повышается интенсивность процессов дыхания, фотосинтеза и водообмена, растёт концентрация хлорофилла и аскорбиновой кислоты, идёт воздействие на процессы транскрипции и трансляции белоксинтезирующей системы, состояние рибосом, митотическую активность

меристематических тканей, увеличивается проницаемость клеточных мембран.

В результате действия гуминовых удобрений (ГУ) на растительный организм урожайность сельскохозяйственных культур повышается в среднем на 30–90% даже в условиях последствий удобрений. Реакция растений на гуминовые удобрения определяется как особенностями культуры, так и внешними условиями: при дефиците влаги, питания, на низкоплодородных почвах отзывчивость растений на их внесение увеличивается. И даже культуры, слабо реагирующие на гуминовые

удобрения, например, фасоль, подсолнечник, могут дать очень хорошую прибавку урожайности в условиях засухи [2–4].

В настоящее время существует множество гуминовых препаратов и удобрений, получают их различными способами, при этом отличаются как исходное сырьё, так и методы экстракции гуминовых соединений из него. Различна и форма гуминовых препаратов: жидкие и твёрдые, порошкообразные и гранулированные, чистые препараты и обогащённые микроэлементами. В частности, на химическом факультете МГУ имени М. В. Ломоносова проводятся исследования по разработке на основе гуматов натрия и калия новых препаратов гуминовой природы – гуминового хелата железа, силилированного гумата, а также гуматов, обогащённых комплексом микроэлементов [5, 6]. Показано [7], что состав, свойства и эффективность промышленных гуминовых препаратов определяются не только технологией их получения, но и генезисом органического сырья. Так, ГВ углей обогащены конденсированными ароматическими фрагментами и высокомолекулярны, ГВ торфов – моложе, сохраняют фрагменты липидных и лигнинных структур растительных тканей, остатки азота и значительное количество фульвокислот. В пелоидах гумификация протекает в условиях недостатка кислорода, и, в отличие от ГВ терригенного происхождения, основу макромолекул пелоидов составляет не лигно-протеиновый комплекс, а углеводно-протеиновый. Гуминовые вещества компостов – самые молодые, в их структуре ещё сохраняются полисахариды, а остальные свойства могут очень сильно варьировать в зависимости от природы компостируемого материала. Тем не менее автору не удалось выявить различия в проявлении ростстимулирующего эффекта гуминовых препаратов в зависимости от их сырьевого источника.

Нами было показано, что различия всё-таки имеются. Так, в экспериментах с жидкими гуминовыми препаратами, полученными из различного сырья, на картофеле наибольшая прибавка была при внесении биогумуса, в то время как под озимой пшеницей лучше проявил себя лигногумат [8]. Мы предполагаем, что различия в ростстимулирующей активности гуминовых препаратов могут быть обусловлены не только химическим составом и структурой молекул ГВ удобрений, но и наличием других компонентов, состав и количество которых варьируются в зависимости от сырья для получения ГУ. Например, микро-

биологический анализ гуминового удобрения ВЮ-Доп, полученного из вермикомпоста, показал, что биопрепарат содержит ценные с агрономической точки зрения культуры.

Таким образом, в настоящее время эффективность гуминовых препаратов является доказанным научным фактом, однако остаются вопросы по сравнению между собой препаратов, полученных различными способами и из разного сырья, не до конца ясны механизмы влияния ГУ на плодородие почвы. Отсюда актуальность подобного рода исследований, в том числе и послуживших материалом для данной статьи.

**Цель и задачи исследования.** Основная цель – изучение влияния гуминового удобрения ВЮ-Доп на свойства чернозёма обыкновенного и его плодородие. Для достижения цели были заложены полевые опыты, велись режимные наблюдения за содержанием элементов питания в почве и учёты урожайности озимой пшеницы.

#### Объекты и методы

Исследования проводили в условиях полевого эксперимента в опытно-производственном хозяйстве Южного федерального университета «Недвиговка» и в производственных посевах на стационаре Донского зонального научно-исследовательского института сельского хозяйства (ДЗНИИСХ). Почва – чернозём обыкновенный карбонатный мощный малогумусный тяжелосуглинистый, по классификации почв России (2004) – чернозём миграционно-сегрегационный. Учётная площадь делянки на территории ОПХ «Недвиговка» составляла 50 м<sup>2</sup>. Полевая повторность – пятикратная. Сорт пшеницы – Черноградская-11. Обработку посевов гуминовым препаратом производили двукратно: осенью по всходам и весной в фазу кущения. Доза гуминового удобрения – 4 л/га. Влияние гуминового препарата оценивалось по динамике элементов питания в почве и по прибавке к урожайности. Производственный опыт на стационаре ДЗНИИСХ был заложен на 48 га с целью изучения влияния на биологическую активность почвы способов и доз внесения гуминового удобрения ВЮ-Доп под озимую пшеницу (сорт ДонЭко). Схема опыта приведена в таблице 1.

Принцип получения гуминового удобрения ВЮ-Доп заключается в обработке вермикомпоста раствором щёлочи с последующей экстракцией гуминовых кислот. Состав удобрения представлен в таблице 2.

Таблица 1

Схема производственного опыта с использованием гуминового препарата ВЮ-Доп при посеве озимой пшеницы ДонЭко

1	Фон + обработка семян Вигор Форте, КРП – 0,025 кг/т
2	Фон + предпосевное внесение в почву ВЮ-Доп – 1 л/га
3	Фон + обработка семян ВЮ-Доп – 0,25 л/т
4	Фон + 2-кратная обработка посевов (фазы выхода в трубку и колошения) ВЮ-Доп – 1 л/га
5	Фон + предпосевное внесение в почву ВЮ-Доп + 2-кратная обработка посевов (фазы выхода в трубку и колошения) ВЮ-Доп – 1 л/га
6	Фон минерального питания согласно рекомендациям техкарты для данной зоны: припосевное внесение диаммофоски 10:26:26 – 30 кг/га; весенняя подкормка аммиачной селитрой 100 кг/га

Таблица 2

Качественный состав гуминового удобрения ВЮ-Доп

N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	рН	С <sub>орг.</sub> %	С <sub>гк</sub>	С <sub>фк</sub>
мг/л							
76,4	198,76	530,27	360	8,7	0,224	1,83	0,41

Таблица 3

Результаты микробиологического анализа гуминового удобрения ВЮ-Доп

Группа микроорганизмов	Численность, КОЕ/мл биопрепарата
Бактерии на МПА	2,75±0,17 • 10 <sup>4</sup>
Бактерии на КАА	3,30±0,71 • 10 <sup>3</sup>
Олигонитрофилы	1,93±0,56 • 10 <sup>3</sup>
Азотфиксаторы	Не обнаружено
БГКП	Не обнаружено

В данном удобрении также было проведено определение численности следующих групп микроорганизмов: бактерии, использующие органические формы азота на среде МПА, бактерии, использующие минеральные формы азота на крахмало-аммиачном агаре, олигонитрофильные и азотфиксирующие бактерии на среде Эшби, бактерии группы кишечной палочки на среде Эндо. Результаты представлены в таблице 3.

Самыми многочисленными оказались бактерии, растущие на МПА, причём 78% из них представлены спорообразующими бактериями р. *Bacillus*, что связано с условиями производства биопрепарата и высоким значением рН. Отмечено не менее трёх различных видов данного рода (на основании морфологии). Данные бактерии являются непатогенными представителями нормальной почвенной микрофлоры, активными гидролитами, участвующими в разложении свежих органических веществ. Кроме спорообразующих бактерий р. *Bacillus*, были выявлены неспорообразующие грамположительные кокки, предположительно принадлежащие к р. *Rhodococcus* или р. *Micrococcus*. Однако суммарный титр бактерий достаточно низок – 10<sup>4</sup> (при обычном для микробиологических препаратов титре до 10<sup>9</sup>), и при разбавлении биопрепарата они, вероятно, не будут оказывать прямого влияния на состояние растений или почвы.

На среде Эндо рост колоний не обнаружен, бактерий группы кишечной палочки выявлено не было, следовательно, с микробиологической точки зрения биопрепарат не представляет опасности.

Отбор почвенных образцов проводили из пахотного слоя до посева озимой пшеницы, в фазу кущения, в фазу выхода в трубку, в фазу созревания зерна – уборки. Исследовалось влияние гуминового удобрения (ГУ) на содержание подвижных форм азота: аммонийного (ГОСТ 26489-85), нитратного (ГОСТ 26951-86), фосфора и калия (ГОСТ 26205-91). Состояние структуры определяли по методу Саввинова, водопрочность агрегатов – по Андрианову. Результаты обрабатывали методами вариационной статистики, рассчитывался коэффициент Стьюдента и НСР<sub>05</sub> [9].

Численность эколого-трофических групп микроорганизмов определяли стандартным методом посева разведений почвенной суспензии на плотные питательные среды [10]. Определялась численность следующих групп

почвенных микроорганизмов: бактерии, использующие органические формы азота (копиотрофы) на среде МПА; бактерии, использующие минеральные формы азота на среде КАА; бактерии, развивающиеся за счёт веществ почвы (педотрофы) на почвенном агаре (ПА); азотфиксаторы и олигонитрофилы на безазотистой среде Эшби; почвенные микромицеты на агаре Чапека с добавлением стрептомицина. Подробно рассматривались актиномицеты, как микроорганизмы, принимающие участие в синтезе и разложении гуминовых веществ. Последние учитывались отдельно на средах КАА, ПА, Эшби и среде Гетчинсона (целлюлозоразрушающие актиномицеты).

### Результаты и обсуждение

Изучить динамику подвижных форм азота в мелкоделяночном эксперименте не удалось. Был проведён анализ образцов только в фазе кущения. Как показывают результаты, обеспеченность подвижными формами азота в фазе кущения на всех вариантах соответствует категории «очень высокая» (табл. 4). Варианты с применением гуминового удобрения характеризуются более высокими значениями этого показателя по сравнению с контролем.

Производственный эксперимент показал, что происходит увеличение содержания азота аммонийного относительно исходного коли-

чества в почве до закладки опыта в 1,95–3,6 раза (табл. 5).

В период активной вегетации растений содержание аммонийного азота по сравнению с фоном изменяется в сторону снижения на всех вариантах с биологически активными веществами, независимо от способа применения препарата ВЮ-Доп, что объясняется повышенной потребностью растений в азоте, более эффективно, благодаря действию ГУ, набирающих вегетативную массу.

Существенное влияние внесение ГУ оказало на динамику нитратного азота в почве. Его содержание в фазу кущения (через месяц после внесения препарата) увеличилось на всех вариантах опыта по сравнению с исходным содержанием и фоном. Весной, в фазу кущения – выхода в трубку, наблюдалось достоверно более низкое содержание нитратов на всех вариантах с ГУ, особенно на варианте с сочетанием внесения ВЮ-Доп в почву и обработкой посевов по листу. В фазу созревания зерна – уборки содержание нитратов было самым низким на вариантах с предпосевным внесением ГУ и обработкой семян биологически активными препаратами. В то время как на вариантах с обработкой посевов гуминовым удобрением ВЮ-Доп оно было сопоставимо с фоном, а при двукратной обработке даже несколько превышало фоновое значение (рис. 1).

Таблица 4

Динамика элементов питания при внесении гуминового удобрения ВЮ-Доп под озимую пшеницу,  $t_{st} = 2,56$   $n = 5$ ,  $P = 0,95$

Вариант	Элементы питания мг/100 г почвы										
	фаза кущения							фаза выхода в трубку		фаза созревания зерна	
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	t <sub>d</sub>	N-NH <sub>4</sub>	t <sub>d</sub>	N-NO <sub>3</sub>	t <sub>d</sub>	ΣN	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	t <sub>d</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	t <sub>d</sub>
Контроль	2,67	-	10,08	-	3,1	-	13,18	4,25	-	4,70	-
ВЮ-Доп	5,53	25,39	10,39	3,47	6,35	18,63	16,74	4,70	3,08	4,55	0,84

Таблица 5

Влияние гуминового удобрения ВЮ-Доп на динамику аммонийного азота в чернозёме обыкновенном карбонатном

Вариант	Дата отбора образцов							
	17.10.13	17.11.13		23.04.14		11.07.14		
	мг/кг	мг/кг	t	мг/кг	t	мг/кг	t	
1	3,31	6,46	8,84*	17,24	12,83*	7,2	2,45	
2		7,8	2,33	8,39	16,12*	8,8	0,33	
3		7,61	2,30	16,24	12,58*	9,2	0,83	
4		8,77	0,58	10,04	15,76*	10,9	1,35	
5		9,01	0,68	12,07	12,74*	10,5	5,38*	
6		8,63	-	70,93		8,9		

Примечание: \* – результаты, достоверно отличающиеся от фоновых значений (коэффициент Стьюдента)

На динамику в почве обменного калия гуминовое удобрение ВЮ-Доп существенно не оказало. Относительно фона и исходного содержания после обработки ГУ наблюдалось незначительное увеличение содержания обменного калия.

Данные по обеспеченности чернозёма обыкновенного карбонатного подвижными формами фосфора в условиях мелкоделяночного опыта свидетельствуют об увеличении его доступности растениям в результате применения гуминовых удобрений (табл. 4). Уже в фазу кущения обеспеченность почвы подвижными формами фосфора на варианте с гуминовым удобрением соответствует категории «высокая» – 5,53 мг/100 г почвы. На контрольном варианте обеспеченность фосфором оценивается как «средняя», причём разница в уровне обеспеченности статистически достоверна. В фазу выхода в трубку обеспеченность подвижными формами фосфора на

контрольном варианте переходит в категорию «повышенная» – 4,25 мг/100 г почвы, в то время как на варианте с применением гуминового удобрения остаётся высокой.

В фазу созревания зерна все варианты характеризуются высокой обеспеченностью подвижными формами фосфора. Однако разница между вариантами статистически недостоверна, следовательно, лежит в пределах ошибки опыта.

Рассматривая динамику подвижного фосфора на контрольном варианте, можно заметить, что к лету его содержание постепенно увеличивается. То есть улучшение водного и температурного режима без внесения удобрений способствует извлечению труднодоступного фосфора. Тем не менее применение гуминовых удобрений активизирует процесс мобилизации фосфора.

В производственном эксперименте на протяжении всей вегетации содержание подвижного фосфора на вариантах с ВЮ-Доп было также выше, чем на фоновом (рис. 2). Если минеральные удобрения дали только среднюю обеспеченность озимой пшеницы фосфором, то биологически активные вещества на фоне тех же доз минеральных удобрений способствовали формированию высокой обеспеченности. В условиях дефицита фосфора, свойственного карбонатным чернозёмам, это явилось одним из факторов оптимизации питания растений.

Возникает закономерный вопрос, каким образом может влиять на подвижность фосфора в почве гуминовое удобрение при его использовании по листу? Вероятно, ответ следует искать в улучшении состояния сельскохозяйственных растений при сравнении их с контрольными вариантами. Известно, что условия в корнеобитаемом слое почвы в значительной степени определяются воздействием корневых систем растений, включая как поглотительную, так и выделительную их функции. Растения в ходе своей жизнедеятельности через корневые системы постоянно воздействуют на почву, активно изменяя её состав и свойства непосредственно через корневые выделения и опосредованно через обитающую в корнеобитаемом субстрате микрофлору, изменяя тем самым интенсивность биохимических процессов в ней [11]. Выделительная функция растений, включая корневые выделения, зависит от физиологического состояния растений. Как показано [12], состав и интенсивность корневых выделений определяется видовой и сортовой специфи-

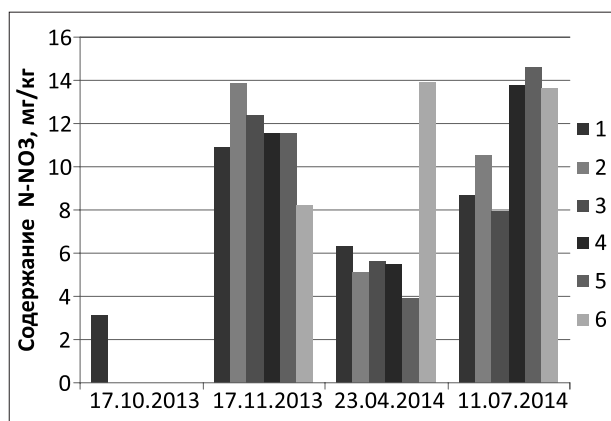


Рис. 1. Динамика содержания нитратного азота в чернозёме обыкновенном карбонатном при использовании гуминового удобрения ВЮ-Доп под озимую пшеницу: 1–6 – варианты опыта.

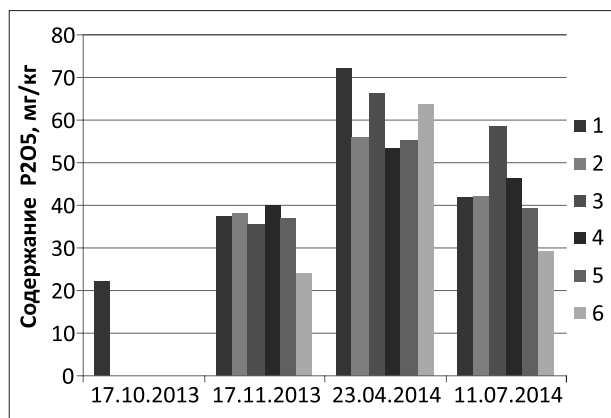


Рис. 2. Динамика содержания подвижного фосфора в чернозёме обыкновенном карбонатном по вариантам опыта с гуминовым удобрением ВЮ-Доп: 1–6 – варианты опыта.



кой растений, их фазой развития, составом и свойствами корнеобитаемой среды, а также зависит от различных внешних воздействий на растения, влияющих на его физиологию. Следовательно, растения, развивающиеся под влиянием обработок гуминовым удобрением более интенсивно, способны более активно регулировать процессы мобилизации фосфора. Вероятнее всего, этот же механизм осуществляется и при других способах использования гуминовых удобрений, так как низкие дозировки удобрений при внесении в почву не влияют в существенной степени ни на рН среды, ни на другие параметры плодородия почвы.

Возможна также активация процессов перехода труднорастворимых фосфатов в подвижные формы через стимулирование микробиологической активности. Известно, что фосфатазной активностью обладают все изучаемые группы почвенной микрофлоры (бактерии, грибы и актиномицеты). Наиболее активными продуцентами фосфатазы в почвах являются бактерии и актиномицеты [13]. Причём это стимулирование может осуществляться как непосредственно гуминовым удобрением, так и корневыми выделениями растений.

Для изучения влияния препарата ВЮ-Доп на микробиологическую активность почвы было проведено сравнение количественных данных по эколого-трофическим группам микроорганизмов в различных вариантах опыта. Данные представлены в виде графика

в процентах изменений по отношению к контролю (рис. 3).

Из данных диаграммы (рис. 3) видно, что предпосевная обработка семян не оказывает выраженного стимулирующего влияния на микробиологическую активность почвы. Более того, при предпосевной обработке семян препаратом ВЮ-Доп наблюдалось снижение численности практически всех групп микроорганизмов на 10–83%. Предположительно, это может быть связано с негативным влиянием щелочной среды биопрепарата на эпифитную микрофлору зерна.

Наилучший стимулирующий эффект наблюдался при предпосевном внесении биопрепарата в почву (вариант 3) и двукратной обработке ВЮ-Доп в фазе кущения и выхода в трубку (вариант 4). При этом отмечена стимуляция численности почвенной микрофлоры, достигающая у некоторых групп микроорганизмов (например, грибов и целлюлозоразрушающих актиномицетов) более чем 150% прибавки в численности.

Сложившаяся ситуация сказалась и на состоянии почвенной структуры: на вариантах 3, 4, 5 коэффициент структурности выше по сравнению с контролем, а на вариантах с предпосевным внесением в почву гуминового удобрения ВЮ-Доп выше и коэффициент водопрочности структуры.

Учёт урожайности показал, что в мелкоделяночном опыте на варианте с гуминовым удобрением получена достоверная прибавка

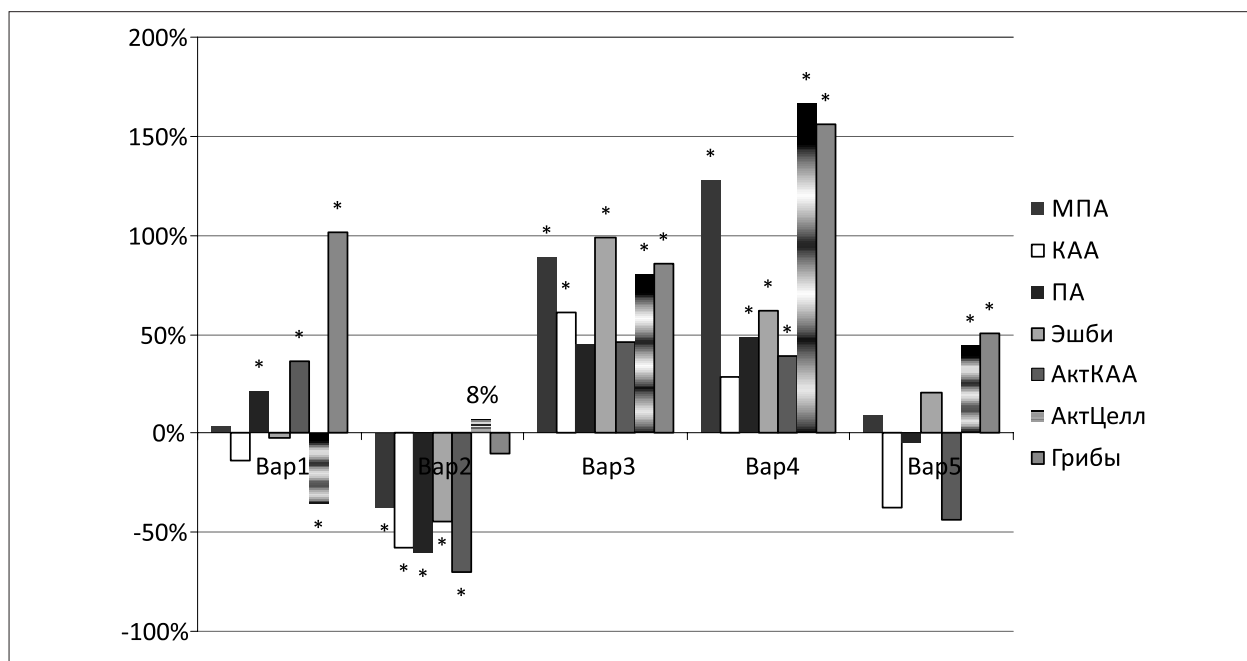


Рис. 3. Изменения численности основных групп микроорганизмов под влиянием внесения препарата ВЮ-Доп (\* – различия достоверны при  $p < 0,05$ ).

урожайности озимой пшеницы – 7,2 ц/га зерна, в то время как величина НСР<sub>05</sub> составила 2,02 ц/га. Прибавка урожайности озимой пшеницы при использовании удобрения ВЮ-Доп в производственном эксперименте составила от 6,9 до 12,8 ц/га, то есть до 35% по сравнению с фоном. Максимальная урожайность – 48,3 ц/га – получена при комбинированном использовании препарата ВЮ-Доп: предпосевное внесение в почву с двукратной обработкой посевов (фазы выхода в трубку и колошения).

### Заключение

Таким образом, внесение гуминового удобрения способствует получению более высоких урожаев зерна по сравнению с контрольным вариантом, что связано с содержанием в нём физиологически активных веществ – гуминовых кислот, а также агрономически ценных культур бактерий р. *Bacillus*, которые входят в состав многих микробиологических удобрений.

Под влиянием гуминового удобрения ВЮ-Доп независимо от способа его применения на протяжении всего эксперимента наблюдалось существенное увеличение содержания подвижных форм фосфора в чернозёме обыкновенном карбонатном, что обусловлено активным регулированием процессов мобилизации фосфора растениями через механизм корневых выделений и увеличением численности микроорганизмов.

В период активной вегетации растений наблюдается снижение на всех вариантах с биологически активным препаратом ВЮ-Доп по сравнению с фоном содержания аммонийного азота, такая же картина была и с нитратным азотом весной в фазу кущения – выхода в трубку. Это объясняется повышенной потребностью растений в азоте, более эффективно, благодаря действию гуминового удобрения, набирающих вегетативную массу.

### Литература

1. Горвая А.И., Орлов Д.С., Щербенко О.В. Гуминовые вещества: строение, функции, механизм действия, протекторные свойства, экологическая роль. Киев: Наукова думка, 1995. 303 с.

2. Христева Л.А. Об участии гуминовых кислот и других органических веществ в питании высших растений // Почвоведение. 1953. №10. С. 24–29.

3. Безуглова О.С., Коган И.Б., Морозов И.В., Пономаренко А.В., Шевченко И.Д. Углегуминовое удобрение. Патент на изобретение № 2111195. Приоритет изобретения 19 июня 1996 г. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений 20 мая 1998 года.

4. Шаповал О.А., Можарова И.П., Мухина М.Т., Лазарева А.С. Инновационные удобрения на основе гуминовых кислот // Humic Substances and Other Biologically Active Compounds in Agriculture: Book of Abstracts. Moscow, Russia. 2014. P. 80–83.

5. Перминова И.В., Жилин Д.М. Гуминовые вещества в контексте зеленой химии // Зеленая химия в России. М.: Изд-во Московского университета, 2004. С. 146–162.

6. Соркина Т.А., Куликова Н.А., Филиппова О.И., Панкратов Д.А., Перминова И.В., Петросян В.С. Корректоры железodefицитного состояния растений на основе гуминовых веществ угля: получение и применение // Экология и промышленность России. 2010. № 2. С. 33–36.

7. Якименко О.С. Химическая структура и свойства промышленных гуматов различного происхождения // Гумінові речовини і фітогормони в сільському господарстві: Матеріали Міжнарод. конф. 2010. Днепропетровск. С. 48–50.

8. Безуглова О.С., Полиенко Е.А. Применение гуминовых препаратов под картофель и озимую пшеницу // Проблемы агрохимии и экологии. 2011. № 4. С. 29–32.

9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

10. Асеева И.В., Бабьева И.П., Бызов Б.А., Гузев В.С., Добровольская Т.Г., Звягинцев Д.Г., Зенова Г.М., Кожевина П.А., Кураков А.В., Лысак Л.В., Марфенина О.Е., Мирчинк Т.Г., Полянская Л.М., Паников Н.С., Скворцова И.Н., Степанов А.Л., Умаров М.М. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.

11. Иванов В.П. Растительные выделения и их значение в жизни фитоценозов. М.: Наука, 1973. 295 с.

12. Хомяков Ю.В. Роль корневых выделений растений в формировании биохимических свойств корнеобитаемой среды: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб.: Агрофиз. науч.-исслед. ин-т. 2009. 22 с.

13. Котелев В.В. Роль микроорганизмов в разложении органических фосфатов и передвижении фосфора в почве: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М.: Институт микробиологии АН СССР. 1964. 26 с.