

ОРИГИНАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Влияние посевов растений-сидератов на динамику численности микроорганизмов основных эколого-трофических групп в почве виноградника

Яков Александрович Волков¹, канд. с.-х. наук, науч. сотр. лаборатории органического виноградарства, biohappy@yandex.ua;

Нина Николаевна Клименко², науч. сотр. лаборатории растительно-микробного взаимодействия, отдела сельскохозяйственной микробиологии, ninaklymenko@yandex.ru;

Елена Павловна Странишевская¹, д-р с.-х. наук, профессор, зав. лабораторией органического виноградарства, biohappy@yandex.ua;

Марина Вячеславовна Волкова¹, канд. биол. наук, мл. науч. сотр. лаборатории органического виноградарства, biohappy@yandex.ua.

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, Россия, Республика Крым, 298600, г. Ялта, ул. Кирова, 31,

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», Россия, Республика Крым, г. Симферополь, 295034, ул. Киевская, 150

Для стабильной продуктивности виноградных насаждений необходимо регулярное внесение комплексных удобрений, включающих оптимальный состав элементов питания. В экологически ориентированном виноградарстве (органическом, биодинамическом и т.п.) запрещено использование минеральных легко-растворимых удобрений. При этом для оптимизации питания виноградных насаждений применяют навоз в виде компоста, измельченные природные минералы, продукты переработки мяса, рыбы и прочие вещества естественного происхождения, а также растения-сидераты. Использование сидератов является альтернативой применению дорогостоящих органических удобрений. В статье представлены результаты исследования влияния посевов растений-сидератов и их смесей на динамику численности микроорганизмов основных эколого-трофических групп в почве виноградника. В качестве сидератов были высеяны: донник жёлтый (*Melilotus officinalis*), рожь посевная (*Secale cereale*), горчица белая (*Sinapis alba*), гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum*), эспарцет виколистный (*Onobrychis viciifolia*), вико-овсяная смесь (*Vicia sativa* + *Avena sativa*). В результате проведения исследования было показано, что почва виноградника при использовании сидератов отличается большей численностью бактерий основных эколого-трофических групп микроорганизмов, отвечающих за трансформацию органического вещества почвы. На всех вариантах с задержанием междурядий, численность микроорганизмов основных эколого-трофических групп была существенно выше, чем на варианте с внесением навоза и контроле, что может свидетельствовать о преимуществе использования сидератов перед внесением в почву дорогостоящих органических удобрений. Наибольшая численность бактерий-аммонификаторов, отвечающих за разложение белковых соединений растительных и животных остатков в почве, была отмечена на фоне горчицы и эспарцета. Наибольшая численность фосфатмобилизирующих бактерий, способных растворять труднодоступные для растений соединения фосфора, зафиксирована на фоне посевов ржи и горчицы. Задержание междурядий растениями ржи и гречихи максимально стимулировало рост численности бактерий-олигонитрофилов в почве. Для оценки особенностей взаимоотношений различных групп почвенных микроорганизмов, участвующих в общем процессе разложения органического вещества почвы, были рассчитаны эколого-трофические индексы: коэффициент минерализации-иммобилизации азота, индекс олиготрофности и индекс педотрофности.

Ключевые слова: эколого-трофические группы микроорганизмов; почва; растения- сидераты; виноградник; питание растений.

ORIGINAL ARTICLE

The impact of green manure crops on the population dynamics of major ecological and trophic groups of microorganisms in the soil of a vineyard

Yakov Aleksandrovich Volkov¹, Nina Nikolayevna Klimenko², Elena Pavlovna Stranishevskaya¹, Marina Vyacheslavovna Volkova¹

¹ Federal State Budget Institution of Science All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of RAS, 31 Kirova Str., 298600 Yalta, Republic of Crimea, Russia;

² Federal State Budget Institution of Science – Crimean Agricultural Research Institute, 150 Kiyevskaya Str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia

Sustainable productivity of vineyard plantations requires regular application of complex fertilizers, including the optimal mix of fertilizing elements. The use of readily-soluble mineral fertilizers in organic viticulture (organic bio-dynamic agriculture etc.) is prohibited. At the same time, farmers use manure in the form of compost, ground natural minerals, residue products after meat and fish processing and other substances of natural origin, including green manure crops, to optimize nutrition of the grapevine plantations. Application of green manure crops is an alternative to expensive organic fertilizers. The paper summarizes research findings on the influence of green manure crops and their mixtures on the development of micro-organisms of major ecological and trophic groups in the soil of a vineyard. The following plants were sown as green manure crops: melilot (*Melilotus officinalis*), rye (*Secale cereale*), white mustard (*Sinapis alba*), common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*), common sainfoin (*Onobrychis viciifolia*), common vetch and oat mix (*Vicia sativa* + *Avena sativa*). Research results demonstrated that green manure increased the population of essential ecologic and trophic groups of microorganisms responsible for the transformation of soil organic matter in the soil of the vineyards. In all variants with swarding of the inter-row spacing, the number of micro-organisms of major ecologic and trophic groups significantly exceeded the control variant with animal manure, which could serve as an indication of the preferred use of green manure as compared to expensive organic fertilizers. The highest population of amonifiers responsible for decomposition of albuminous compounds of crop and animal residues in the soil was observed with mustard and sainfoin. The highest number of phosphate mobilizing bacteria capable of dissolving not easily accessible to plants phosphorus compounds was registered with rye and mustard. Swarding of inter-row spacing with rye and buckwheat boosted oligonitrophilic bacteria growth in the soil. In order to assess peculiarities of inter-relations among various groups of soil microorganisms participating in the general decomposition process of organic matter in the soil, the ecologic and trophic indices were calculated to include: nitrogen mineralization-immobilization coefficient, oligotrophicity index and pedotrophicity index.

Key words: ecologic and trophic groups of microorganisms; soil; green manure crops; vineyards; plant nutrition.

УДК 634.8.047:631.461/.874
Поступила 19.11.2018
Принята к публикации 11.02.2019
© Авторы, 2019

Как цитировать эту статью:

Волков Я.А., Клименко Н.Н., Странишевская Е.П., Волкова М.В. Влияние посевов растений-сидератов на динамику численности основных эколого-трофических групп микроорганизмов в почве виноградника // «Магарач». Виноградарство и виноделие, 2019; 21(1); С. 36-40

How to cite this article:

Volkov Y.A., Klimenko N.N., Stranishevskaya E.P., Volkova M.V. The impact of green manure crops on the population dynamics of major ecological and trophic groups of microorganisms in the soil of a vineyard. Magarach. Viticulture and Winemaking, 2019; 21(1); pp. 36-40

Введение. Общеизвестно, что при возделывании монокультуры, в том числе винограда, происходят неблагоприятные процессы, ведущие к деградации и снижению плодородия почвы [1]. Ухудшение водно-физических свойств почвы, нарушение круговорота элементов питания и экологического состояния ампелоценоза, происходит из-за того, что на большинстве промышленных виноградников России междурядья содержатся под черным паром.

Основное требование системы удобрения в экологически ориентированном виноградарстве (органическом, биодинамическом и т.п.) – сохранение или повышение естественного плодородия и биологической активности почвы. В связи с чем большое значение имеет внесение органических удобрений, вместо легкорастворимых синтетических, и посев сидератов. Органические удобрения в течение продолжительного периода обогащают почву азотом, калием, фосфором и гумусом, улучшающим ее физические свойства. Образовавшийся гумус повышает поглотительную способность почвы и создает благоприятные условия для развития микрофлоры [2, 3].

Значительный запас основных питательных элементов, в первую очередь, азота, содержится в свежем навозе, действие которого продолжается 2–3 года. В то же время высокое содержание азота в свежем навозе делает его опасным для применения в посадочных ямах под виноград, применении на винограднике во второй половине лета и ранней осенью, в засушливый период. Кроме того, сельское хозяйство Крыма специализируется в большей степени на производстве продукции растениеводства, чем животноводства. Так, в 2015 году доля продукции растениеводства составила 60,8% от общего объема сельскохозяйственной продукции, доля животноводческой продукции – всего 39,2%, что делает навоз дорогостоящим удобрением [4].

Альтернативой навозу в качестве дополнительного источника питания могут служить культуры растений-сидератов (с фр. - «зеленое удобрение»). Сидераты имеют большое значение для обогащения почвы питательными веществами, в особенности в тех странах, которые не располагают достаточным количеством органических удобрений (навоз) для виноградарства. Задернение почвы виноградников многолетними травами способствует установлению положительного баланса органики (до 6,5 т/га) [5].

Культивирование сидератов улучшает водный и воздушный режим почвы, структурируя ее, способствуя уплотнению песчаных почв и, наоборот, рыхлению суглинистых, сводя к минимуму эрозию почвы; облегчает проезд техники в междурядьях после дождя. В качестве сидератов в основном выращивают бобовые культуры (люпин, донник, клевер, вику и др.),

реже – рапс, горчицу, озимую рожь. В зависимости от сезона, весной–летом обычно сеют клевер, овес, в конце июля – бобовые (горох, люпин), в августе–сентябре – озимые культуры [2, 3, 5].

Необходимо отметить, что состояние микробиоценозов ризосферы виноградного растения при использовании почвопокровных культур изучено недостаточно полно [6], поэтому целью наших исследований было изучение влияния посевов растений-сидератов на динамику численности основных эколого-трофических групп микроорганизмов в почве виноградника, а также показатели микробиологических коэффициентов.

Объекты и методы исследований. Посев культур-сидератов и внесение хорошо разложившегося навоза–компоста из расчёта 40 т/га в междурядья виноградников проводили в СПК «Терруар» (с. Родное, район г. Севастополь) осенью 2016 г. и весной 2017 г., в зависимости от культуры. Были посеяны донник жёлтый (*Melilotus officinalis*), рожь посевная (*Secale cereale*), горчица белая (*Sinapis alba*), гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum*), эспарцет виколистный (*Onobrychis viciifolia*), вико-овсяная смесь (вика посевная (*Vicia sativa*) – 20%, овёс посевной (*Avena sativa*) – 80%). Скашивание сидератов проводили в мае–июне 2017. В качестве контроля анализировали почву из междурядья, содержащегося под чёрным паром (не засеянные, 3–4 культивации в течение сезона). Почвы на участках – бурые лесные, щелочные (рН 7,5–8,0). Среднюю почвенную пробу для определения численности бактерий основных эколого-трофических групп отбирали из слоя почвы 0–30 см в период частичного разложения растительных остатков скошенных сидератов (01.08.2017 г.) и в позднесенний период (02.11.2017 г.) по методике [7]. Численность микроорганизмов основных эколого-трофических групп оценивали методом высева почвенной суспензии на соответствующие питательные среды: аммонификаторов – на мясо-пептонном агаре (МПА); амилотических бактерий – на крахмало-аммиачном агаре (КАА); фосфатмобилизаторов – на глюкозо-аспарагиновом агаре; олигонитрофильных и олиготрофных бактерий – на среде Эшби и почвенном агаре (ПА), соответственно. Количество колоний микроорганизмов подсчитывали в течение 7 суток в зависимости от скорости роста и физиологических особенностей микроорганизмов определенных эколого-трофических групп [8]. Статистическую обработку данных проводили с помощью инструментов программы Excel 2007. Значение коэффициента минерализации-иммобилизации азота рассчитывали как отношение количества бактерий, выросших на среде КАА, к МПА; индекса олиготрофности – Эшби к МПА, а индекса педотрофности – ПА к МПА [9, 10].

Таблица 1. Численность бактерий основных эколого-трофических групп в почве виноградника, август 2017 г. (млн. КОЕ/г а.с.п.)

Table 1. The number of bacteria of major ecologic and trophic groups in the soil of the vineyard, August 2017.

Вариант	Аммонификаторы	Амилолитики	Фосфатмобилизаторы	Олигонитрофилы	Олиготрофы
Контроль	64,2±1,21	56,7±0,55	35,7±0,96	59,2±0,28	49,0±0,96
Навоз	80,0±0,73	70,6±0,96	52,3±0,96	69,4±0,73	55,9±1,00
Вика-овес	86,6±1,46	79,4±1,21	68,3±1,46	73,9±0,96	62,0±1,68
Донник	81,6±1,68	79,4±1,46	71,4±1,44	67,0±1,21	58,9±0,96
Рожь	96,0±1,54	84,7±1,27	76,6±1,46	79,7±1,27	68,6±0,73
Горчица	102,1±0,96	90,5±0,48	76,1±0,55	76,1±1,21	71,9±0,73
Гречиха	91,0±0,73	77,2±0,96	70,6±0,96	78,0±1,73	70,8±0,73
Эспарцет	104,0±1,21	91,6±1,21	75,8±1,21	71,7±1,46	60,6±0,96

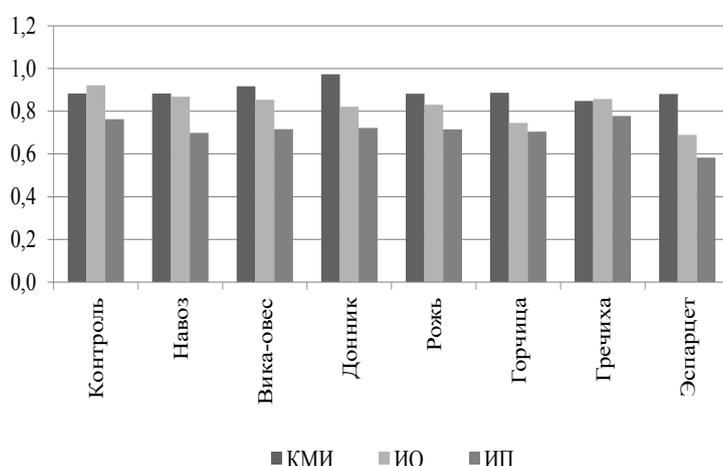


Рис. 1. Значения эколого-трофических индексов почвы виноградника, август 2017 г.

Примечание: КМИ – коэффициент минерализации-иммобилизации азота; ИО – индекс олиготрофности; ИП – индекс педотрофности

Figure 1. Ecological and trophic index values for the soil of the vineyard, August 2017.

Remarks: КМИ - Nitrogen mineralization-immobilization coefficient; ИО – Oligotrophic index; ИП – pedotrophic index

Обсуждение результатов. Изучена численность бактерий основных эколого-трофических групп в почве междурядий виноградника под разными типами задернения и при внесении навоза. Микробиологический анализ образцов почвы, отобранных в августе 2017 г., показал, что внесение в почву навоза повышало численность бактерий-аммонификаторов, отвечающих за разложение белковых соединений растительных и животных остатков в почве, на 25%, по сравнению с контролем (табл. 1).

Наибольшая численность данной группы микроорганизмов в почве отмечена на фоне горчицы и эспарцета (104,0 и 102,1 млн. КОЕ/г а.с.п. соответственно) и меньшая – при задернении рожью и гречихой. На всех вариантах с задернением междурядий численность аммонификаторов была существенно выше, чем на варианте с внесением навоза, что свидетельствует о преимуществе применения сидератов перед внесением в почву дорогостоящих органиче-

ских удобрений.

Бактерии-амилолитики участвуют в процессе иммобилизации – микробиологического связывания минерального азота, образующегося в результате аммонификации белковых веществ растительных остатков и органических удобрений [11]. Так, результаты показывают, что на численность микроорганизмов данной эколого-трофической группы наибольшее влияние оказало задернение почвы междурядий гречихой и эспарцетом: она повышалась на 60–62% соответственно, по сравнению с контролем. Это можно связать как с симбиотической активностью эспарцета, так и с большим притоком растительной биомассы.

Фосфатмобилизующие организмы способны растворять соединения фосфора, труднодоступные для растений. В нашем исследовании наибольшая численность фосфатмобилизующих бактерий зафиксирована на фоне ржи и горчицы: 76,6 и 76,1 млн. КОЕ/г а.с.п. соответственно, что выше показателя в контрольном варианте более чем на 213% и в варианте, на котором вносился навоз (более чем на 146%).

Олигонитрофилы – часть олиготрофных микроорганизмов, способных расти в условиях незначительного количества доступного азота в почвенном растворе. Кроме того, многие из них являются несимбиотическими азотфиксаторами (диазотрофами) и способны фиксировать атмосферный азот, который в последующем используют в своем питании [11]. Анализ результатов исследования показал, что задернение междурядий растениями ржи и гречихи максимально стимулирует рост численности бактерий-олигонитрофилов в почве.

Олиготрофные бактерии составляют группу основных утилизаторов органического вещества на конечной стадии его превращения. Количество бактерий данной группы было наибольшим при задернении горчицей и гречихой. Возможно, это объясняется наибольшим притоком свежего органического вещества с опадением этих растений в почву.

Для оценки особенностей взаимоотношений различных групп почвенных микроорганизмов, участвующих в общем процессе разложения органического вещества почвы, необходимо рассчитать значения эколого-трофических индексов. Так, коэффициент минерализации-иммобилизации азота показывает степень развития амилолитической части почвенного микробиоценоза и, соответственно, ее активность в трансформации углеводов почвы и связывании свободного азота. Значения этого коэффициента стремились или равнялись 1,0 при задернении донником, что говорит о достаточной интенсивности протекания иммобилизационных процессов в почве (рис. 1).

Повышение индекса олиготрофности может свидетельствовать о замедлении процессов де-

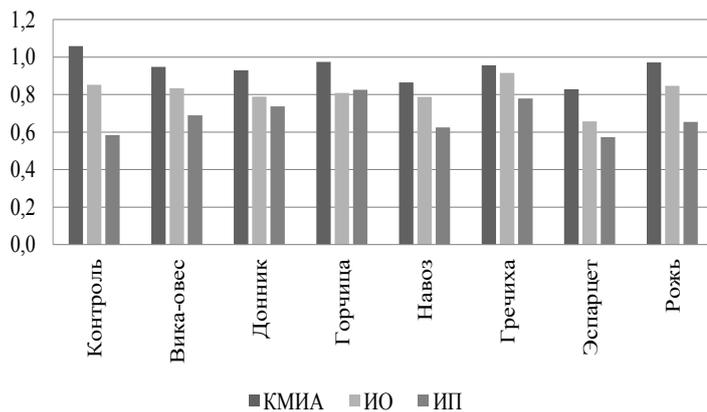


Рис. 2. Значения эколого-трофических индексов почвы виноградника, ноябрь 2017 г.

Примечание: КМИ – коэффициент минерализации-иммобилизации азота; ИО – индекс олиготрофности; ИП – индекс педотрофности.

Figure 2. Ecological and trophic index values for the soil of the vineyard, November 2017.

Remarks: КМИ - Nitrogen mineralization-immobilization coefficient; ИО – Oligotrophic index; ИП - pedotrophic index

Таблица 2. Численность бактерий основных эколого-трофических групп в почве виноградника, ноябрь 2017 г. (млн. КОЕ/г а.с.п.)

Table 2. The number of bacteria of major ecologic and trophic groups in the soil of the vineyard, November 2017.

Вариант	Аммонификаторы	Амилолитики	Фосфатмобилизаторы	Олигонитрофилы	Олиготрофы
Контроль	54,3±0,94	57,5±0,69	29,4±1,13	46,3±1,45	31,7±0,69
Вика-овес	68,6±1,19	65,0±1,58	52,5±0,94	57,2±0,69	47,3±0,69
Донник	66,6±0,69	61,9±0,69	60,6±0,69	52,5±0,94	49,1±0,90
Горчица	69,7±1,13	67,9±0,90	62,1±0,94	56,4±1,04	57,5±0,69
Навоз	65,0±0,69	56,2±1,35	43,2±0,69	51,2±0,94	40,6±0,45
Гречиха	70,7±0,69	67,6±0,69	59,3±0,45	64,7±0,90	55,1±1,13
Эспарцет	85,8±0,90	71,0±0,90	62,1±0,94	56,4±0,69	49,1±0,45
Рожь	72,8±0,69	70,7±0,69	58,5±0,90	61,6±0,90	47,6±1,19

струкции органического вещества и о переходе изучаемого биоценоза в более устойчивое состояние, стремящееся к состоянию климаксовой системы. В наших исследованиях значения варьировали от 0,7 до 0,9, что создает положительную тенденцию к повышению устойчивости эдафотопы ампелоценоза.

Считается, что чем выше индекс педотрофности, тем более биоценоз приближен к естественным ценозам изучаемой почвенно-климатической зоны и обладает большей устойчивостью к негативным воздействиям со стороны различных антропогенных вмешательств. В нашем случае ни один фон задернения не способствовал достижению данного индекса значения 1,0, что свидетельствует о незаконченности процесса формирования устойчивого биоценоза.

Результаты микробиологического анализа почвенных образцов, отобранных с виноградника в ноябре 2017 г., показали, что численность микроорганизмов снижалась по сравнению с предыдущим сроком отбора. Это объясняется естественным затуханием микробиологических процес-

сов в почве к концу вегетационного периода. Наибольшая численность бактерий-аммонификаторов и амилолитических микроорганизмов выявлена на фоне задернения междурядий эспарцетом и рожью (табл. 2). Численность фосфатмобилизаторов повышалась преимущественно за счет задернения междурядий горчицей, эспарцетом, а также донником. Численность олиготрофной микрофлоры повышалась преимущественно на фоне горчицы, гречихи и ржи, что косвенно свидетельствует о достаточной обеспеченности почвы свежим органическим веществом.

Значения коэффициента минерализации-иммобилизации азота показывают, что почва виноградника обогащена амилолитической микрофлорой, что косвенно свидетельствует о высоком содержании аммиачного азота в почве, являющегося продуктом для дальнейшего разложения другими группами микроорганизмов (рис. 2). Значения индекса олиготрофности составляли 0,8–0,9, что свидетельствует о тенденции к стабилизации агроэкосистемы. В то же время, значения индекса педотрофности были низкими (0,6–0,8), что соотносится с результатами предыдущего отбора и свидетельствует о недостаточной устойчивости фитоценоза в текущий период.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что почва исследуемого виноградника отличается большой численностью бактерий основных эколого-трофических групп микроорганизмов, отвечающих за трансформацию органического вещества почвы. Значения эколого-трофических индексов после применения сидератов свидетельствуют о тенденции к стабилизации микробиологических процессов в почве. Однако следует продолжить изучение этого вопроса для дальнейшего понимания протекания почвенных процессов.

Источники финансирования

Работа выполнена в рамках государственного задания ГЗ № 0833-2015-0017

Financing source

The work was conducted under public assignment № 0833-2015-0017

Конфликт интересов

Авторы статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы / References

1. Лукьянов, А.А. Пути снижения деградации почв виноградников / А.А. Лукьянов, Г.Я. Кузнецов // Проблемы агрогенной трансформации почв в условиях монокультуры. Краснодар, 2013. - С.74-78.
- Lukyanov, A.A. *Puti snizheniya degradatsii pochv vinogradnikov* [Ways to reduce soil deterioration in the vineyards] / A.A. Lukyanov, G.Ya. Kuznetsov // *Problemy agrogennoj transformatsii pochv v usloviyab monokul'tury* [The problem of agrogenic soil transformation under single crop cultiva-

- tion]. Krasnodar, 2013, pp.74-78. (in Russian)
2. Органическое виноградарство [Электронный ресурс], - https://россельхоз.рф/stati/rasteniievodstvo/organicheskoe-vinogradarstvo.html?fbclid=IwAR104s3U0VmUZexNcrxFhDgp9g-UdJr-7-_bp_WRfv74MCdsD_6fu6wL334 – статья в интернете
 3. Production guide for organic grapes. – NYS IPM. – 2014. – № 224.
 4. Сельское хозяйство Крыма [Электронный ресурс] / Экспертно-аналитический центр агробизнеса «АБ-Центр». – Режим доступа: <http://ab-centre.ru/page/selskoe-hozyaystvo-kruma>, свободный. (Дата обращения: 20.12.2018).
 5. Ларешин В.Г. Сохранение и повышение плодородия земель сельскохозяйственного назначения: учебное пособие / В.Г. Ларешин, Н.Н. Бушуев, В.Т. Скориков, А.В. Шуравилин. – М.: РУДН, 2008. – 172 с.: ил.
 6. Клименко, Н.Н. Состояние микробиоценоза почвы виноградника под воздействием микробных препаратов и задержания междурядий / Н.Н. Клименко // Генетическая интеграция прокариот и эукариот: фундаментальные исследования и современные агротехнологии, 2015. – С. 80.
 7. Практикум по микробиологии: Учебное пособие для вузов / Е.З. Теплер, В.К. Шильникова, Г.И. Переверзева; под ред. В.К. Шильниковой. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с. [Practicum in microbiology: manual for higher educational institutions] / E.Z. Tepper, V.K. Shilnikova, G.I. Pereverzeva; under the editorship by V.K. Shilnikova. 5th edition, updated and revised, Drofa Publ., 2004, 256 p. (in Russian)
 8. Экспериментальная 'рунтова микробиология / за наук. ред. В.В. Волкогона. – К.: Аграрна наука, 2010. – 464 с. *Eksperimental'na gruntova mikrobiologiya* / Edited by V.V. Volkogon. K.: Agrarna nauka Publ., 2010, 464 p. (in Russian)
 9. Титова В.И. Методы оценки функционирования микробиоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества: Научно-методическое пособие / В.И. Титова, А.В. Козлов. – Нижегородская с.-х. академия. – Нижний Новгород, 2012. – 64 с. Titova, V.I. *Metody otsenki funkcionirovaniya mikrobotsenoza pochvy, uchastvuyushchego v transformatsii organicheskogo veshchestva: nauchno-metodicheskoye posobiye* [Methods to assess performance of soil microbiocenosis participating in organic matter transformation: instructional guide] / V.I. Titova, A.V. Kozlov. – Agricultural Academy of Nizhegorodsk. – Nizhnij Novgorod, 2012, 64 p. (in Russian)
 10. Andreyuk, K.I. Functioning of soil microbial communities under anthropogenic pressure / K.I. Andreyuk, G.A. Iutynska, A.V. Antypchuk and others. – К.: Oberegu, 2001. – 240 p.
 11. Клименко, Н.Н. Влияние бактеризации на содержание основных эколого-трофических групп микроорганизмов в ризосфере винограда сорта Мускат белый / Н.Н. Клименко // Научные труды Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2016. – Т. 11. – С. 156-160.
 12. Клименко, Н.Н. Влияние бактеризации на содержание основных эколого-трофических групп микроорганизмов в ризосфере винограда сорта Мускат белый / Н.Н. Клименко // Научные труды Государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2016. – Т. 11. – С. 156-160.