

**ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ**  
**GENERAL BIOLOGY**

DOI 10.25637/TVAN2018.01.01

УДК 579.6/665.334.86

Горгулько Т.В.

**СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОБОЦЕНОЗА  
И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ *CAMELINA SATIVA* L. И *SILYBUM  
MARIANUM* L. В АГРОЦЕНОЗАХ КРЫМА**

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»

**Аннотация.** Цель исследований – изучить структурно-функциональные особенности микробоценоза, направленность микробиологических процессов в ризосфере почвы и продуктивность растений *Silybum marianum* (L.) Grantz и *Camelina sativa* (L.) Grantz при выращивании на черноземе южном в предгорной зоне Крыма. Исследования подтвердили научную гипотезу о возможности биокоррекции микробоценоза ризосферы растений для повышения продуктивности ценных масличных культур *Silybum marianum* (L.) Grantz и *Camelina sativa* (L.) Grantz. Установлено, что фазы вегетации рыжика и расторопши, а также интродукция полифункциональных микробных штаммов с бактеризованными семенами влияли на структурно-функциональную организацию почвенного микробоценоза в ризосфере изучаемых масличных культур при выращивании на черноземе южном в почвенно-климатических условиях предгорной зоны Крыма. Бактеризация позволила оптимизировать направленность микробиологических процессов в ризосферной почве растений. Получены высокопродуктивные и комплементарные – *Camelina sativa* (L.) Grantz, обеспечившие прибавку урожайности семян 68,0 и 68,6 г/м<sup>2</sup> (15,8 и 16,0%) и *Rhizobium radiobacter* 204/*Bacillus amololiguesfaciens* 01-1 – Полученные биосистемы рыжика и расторопши могут стать основой PlantEcoTech (Plantgrowing Ecological Technologies/Экологических технологий растениеводства) для агроценозов.

**Ключевые слова:** штамм, бактеризация, структура микробоценоза, Grantz, продуктивность растения.

**Введение**

Центром происхождения ценной масличной культуры – рыжика посевного (*Camelina sativa* (L.) Grantz) семейства Brassicaceae является Малая Азия. Во второй половине XIX в. ее начали повсеместно интродуцировать в России и Франции. В конце 40-х – начале 50-х годов прошлого столетия рыжик высевали в России на площади 350-400 тыс. га. Однако к 1984-1987 гг. площади посева сократились до 1,2-3,5 тыс. га [1, 2]. В последние годы интерес к возделыванию рыжика (озимого и ярового) повысился и его стали высевать на площади 181,6 и 168,1 тыс. га.

Ученые Пензенского научно-исследовательского института сельского хозяйства, Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур, Омского государственного аграрного университета имени П.А. Столыпина и других учреждений России изучают качество жирно-кислотного состава маслосемян рыжика, проводят селекционную и семеноводческую работу, разрабатывают технологии выращивания [3-5], исследуют влияние предпосевной обработки стимуляторами роста на посевные свойства семян, влияние внесения микроудобрений на продуктивность и качество семян [6, 7].

За рубежом исследования этой культуры проводят по нескольким направлениям: для пищевых и кормовых целей – как источник пищевого ценного масла и промышленного использования – получения биотоплива. В связи с этим изучают структуру масла рыжика, разрабатывают технологии переработки и выращивания этой культуры с соответствующим качеством маслосемян. Такими исследованиями занимаются ученые National Center for Agricultural Utilization Research, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, Bio-Oils Research Unit, National Center for Agricultural Utilization Research Agricultural Research Service United States, Department of Agriculture [8, 9]. В своем обзоре Agriculture Marketing Resource Center указывают, что рыжик имеет широкий ареал распространения и возделывается в Северной Америке, Канаде, Словении, Украине, Китае, Финляндии, Германии и Австрии [10].

Расторопша пятнистая *Silybum marianum* (L.) Grantz имеет средиземноморское происхождение и распространена в Западной и Восточной Европе, Южной и Центральной Африке, Северной и Южной Америке, Средней Азии. Расторопша пятнистая относится к семейству Asteraceae. Общая площадь посевов в России составляет около 10 тыс. га, на Украине – 5 тыс. га, в Китае – 100 тыс. га. Расторопша является источником растительного сырья для изготовления лекарственных препаратов на основе гепатопротекторов, выделенных из ее плодов. Данные препараты ускоряют регенерацию клеток печени, способны угнетать фермент, усиливающий процесс перекисного окисления, что делает их идеальным средством защиты печени от вредного воздействия алкоголя, сигаретного дыма, лекарств и других токсичных веществ. Поэтому разработка экологически безопасных технологий выращивания этой культуры занимает особое место и является актуальной [11, 12].

Российские ученые занимаются селекцией и семеноводством расторопши [13], создают экологические технологии выращивания на основе внесения биогумуса, использования гуминовых препаратов и фиторегуляторов роста, внекорневых подкормок и прочее [14]. Украина также имеет большой опыт изучения биологии, интродукции и возделывания этой культуры [15].

В связи с ориентацией современного отечественного сельскохозяйственного производства на экологическую безопасность, в настоящее время разрабатываются ресурсосберегающие и безопасные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе и с использованием микробных препаратов для питания и защиты растений. Показано, что бактериализация положительно влияет на структуру микробиоценоза и ферментативную активность почвы, ее плодородие, продуктивность растений [16].

Известно множество работ, которые освещают вопросы влияния различных антропогенных и природных факторов на биологическую активность почв в ризосфере сельскохозяйственных и древесных растений [17, 18]. Однако данные о структуре микробиоценоза, ферментативной активности в ризосфере рыжика и расторопши в литературе практически отсутствуют.

**Цель исследований** – изучить структурно-функциональные особенности микробиоценоза, направленность микробиологических процессов в ризосфере почвы и продуктивность растений *Silybum marianum* (L.) Grantz и *Camelina sativa* (L.) Grantz при выращивании на черноземе южном в предгорной зоне Крыма.

#### **Материалы и методы исследований**

Исследования проводили в 2016-2017 гг. в условиях модельного полевого опыта. Экспериментальные участки расположены в пос. Гвардейское, в умеренном предгорном агроклиматическом районе Крыма, площадь которых составила 160 и

200 м<sup>2</sup>. Использовали семена озимого рыжика посевного *Camelina sativa* (L.) Grantz., расторопши пятнистой *Silybum marianum* (L.) Grantz; штаммы микроорганизмов из коллекции отдела сельскохозяйственной микробиологии ФГБУН «НИИСХ Крыма», среди которых *Bacillus amololiguesfaciens* 01-1 – ростостимулирующая бактерия и антагонист фитопатогенов; *Rhizobium radiobacter* 204 – азотфиксатор и ростостимулятор; *Enterobacter nimipressuralis* 32-3 – фосфатмобилизатор, ростостимулирующая бактерия; *Nostoc linckia* 144 – азотфиксирующая цианобактерия с микроорганизмами-ассоциантами, обладающими азотфиксирующими, фосфатмобилизирующими и ростостимулирующими свойствами.

Опыты закладывали в соответствии с методическими указаниями Б.А. Доспехова [19], согласно методике проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами [20]. Повторность опыта – четырехкратная.

Данные агрохимических показателей определяли общепринятыми методами: содержание гумуса проводили по Тюрину, подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) и обменного калия (K<sub>2</sub>O) по Мачигину [21], легкогидролизуемого азота по ГОСТу 26213-91 [22]. Показатели pH определяли по ДСТУ 10390-2001 [23]. Почва – чернозем южный с содержанием 1,85% гумуса; подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 7,2 мг/100 г и обменного калия (K<sub>2</sub>O) – 39,0 мг/100 г; легкогидролизуемого азота 1,28 мг/100 г; pH солевой и водной вытяжек – 7,7 и 8,3 соответственно.

Бактеризацию семян проводили в день посева суспензией трехсуточной культуры штамма микроорганизмов из расчета 10<sup>6</sup> бактерий/семя. Плотность суспензии для дозирования инокуляционной нагрузки определяли на фотоэлектроколориметре (КФК-2) в кюветах с рабочей длиной 30, 110 мм при зеленом световом фильтре с длиной волны – 315 нм. Инокуляционная нагрузка бактериализации штаммом цианобактерий 144 составляла 0,021 мг абсолютно сухой биомассы/семя. Контроль – обработка водой.

Используя общепринятые микробиологические методы, проводили анализ численности основных эколого-трофических групп микроорганизмов (аминотрофов, аммонификаторов, азотфиксаторов, фосфатмобилизаторов, олиготрофов, микромицетов, целлюлозолитиков) и споровых бактерий в ризосфере растений [24, 25]. Индекс олиготрофности (I<sub>олг</sub>) рассчитывали по методике Д.И. Никитина [26], коэффициент минерализации (K<sub>мин</sub>) – согласно методам количественного учета почвенных микроорганизмов и изучения их свойств [24], коэффициент микробиологической трансформации органического вещества (K<sub>мтов</sub>) – согласно показателям, отражающим интенсивность и направленность почвенных процессов [27]. Ферментативную активность для определения условного коэффициента гумификации (УГК) в ризосфере определяли согласно методам биологических и агрохимических исследований почвы [21].

Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа [19] с использованием программы Statistica-7.0.

### Результаты и их обсуждение

Анализ эколого-трофических сообществ микробоценоза ризосферы при выращивании на черноземе южном *Camelina sativa* (L.) Grantz показал снижение количества микроорганизмов, усваивающих минеральные и органические формы азота, к концу вегетации растений. В контроле численность аминотрофов уменьшалась на несколько порядков: с 13,3 в фазу стеблевания растений до 4,8 к фазе цветения и менее 1 млн колониеобразующих единиц/грамм абсолютно сухой почвы (КОЕ/г а. с. п.) к фазе созревания растений в сравнении с бактериализацией. Численность аммонификаторов во всех вариантах обработки снижалась в 2-5 раз к

фазе цветения растений, кроме варианта с бактеризацией штаммом 32-3, где снижение численности в 4,5-8,3 раза наблюдали к концу вегетации растений.

Численность азотфиксаторов была максимальной в период стеблевания растений (45,3-66,6 млн КОЕ/г а. с. п.). Это показатель зависел от обработки и снижался к фазе цветения в контрольном варианте в 25 раз, в варианте со штаммами 144 и 32-3 – в 7 раз, со штаммом 204 – в 13 раз, со штаммом 01-1 – в 53 раза. На количество микроорганизмов, трансформирующих почвенные фосфаты, в период цветения растений существенно влияла обработка штаммом 204 и 01-1, при которой наблюдали снижение численности фосфатмобилизаторов на 1-2 порядка.

Численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов находилась в пределах одного порядка на уровне 10-59 тыс КОЕ/г а. с. п., и только в варианте со штаммом 144 существенно снижалась к концу вегетационного периода растений, (4,9 тыс КОЕ/г а. с. п.). Количество спорообразующих микроорганизмов снижалось к концу вегетации на один порядок до 4,9-8,0 млн КОЕ/г а. с. п. Численность микровицетов в ризосфере растений существенно не менялась.

В процессе вегетации рыжика отмечен синтез органического вещества в ризосферной почве, о чем свидетельствуют показатели коэффициента минерализации, не превышающие единицу (таблица 1).

**Таблица 1 – Направленность микробиологических процессов в ризосфере *Camelina sativa* (L.) Grantz (полевой опыт, чернозем южный, 2016-2017 гг., ФГБУН «НИИСХ Крыма)**

Вариант опыта	$K_{мин}$	$I_{олг}$	$K_{мтов}$	УКГ
Фаза стеблевания				
Контроль	0,16	3,0	594,4	0,87
<i>N. linckia</i> 144	0,18	1,6	576,7	0,93
<i>R. radiobacter</i> 204	0,09	1,6	1121,1	1,11
<i>B. amololiguefaciens</i> 01-1	0,06	1,9	1503,3	1,01
<i>E. nimipressuralis</i> 32-3	0,14	1,8	822,9	0,55
Фаза цветения				
Контроль	0,13	2,5	327,7	1,29
<i>N. linckia</i> 144	0,62	1,9	97,4	0,10
<i>R. radiobacter</i> 204	0,48	4,0	50,0	1,19
<i>B. amololiguefaciens</i> 01-1	0,15	3,9	152,0	0,21
<i>E. nimipressuralis</i> 32-3	0,14	0,6	1527,9	1,53
Фаза созревания				
Контроль	0,12	1,3	69,2	3,97
<i>N. linckia</i> 144	0,09	2,5	297,8	5,42
<i>R. radiobacter</i> 204	0,12	1,5	213,3	5,75
<i>B. amololiguefaciens</i> 01-1	0,21	3,0	134,3	3,25
<i>E. nimipressuralis</i> 32-3	0,05	1,1	472,0	3,10

**Примечание:**  $K_{мин}$  – коэффициент минерализации,  $I_{олг}$  – индекс олиготрофности,  $K_{мтов}$  – коэффициент микробиологической трансформации органического вещества, УКГ – условный коэффициент гумификации.

Существенное снижение количества питательных веществ в почве наблюдали: в контроле – в начале вегетации и в фазу цветения растений ( $I_{олг}=3,0$  и 2,5 соответственно), в варианте с обработкой штаммом 204 – в фазу цветения ( $I_{олг}=4,0$ ), а также в вариантах со штаммами 144 и 01-1 – к концу вегетации ( $I_{олг}=2,5$  и 3,0 соответственно). Интенсивность микробиологической трансформации органического вещества была максимальной в вариантах со штаммами 204 и 01-1 ( $K_{мтов}=1121$  и 1503 соответственно) в начале вегетации, в варианте со штаммом 32-3 ( $K_{мтов}=1528$ ) в фазу цветения. Необходимо отметить, что к концу вегетации растений

процессы гумификации проходили в 3,3-5,8 раз активнее по сравнению с остальными фазами развития растений.

Результаты исследований показали, что обработка полифункциональными штаммами влияла не только на численность эколого-трофических групп микроорганизмов, но и на урожайность семян рыжика. При бактеризации штаммами 144 и 204 наблюдалась тенденция к увеличению семенной продуктивности растений на 68,0 и 68,6 г/м<sup>2</sup> (15,8 и 16,0%) в сравнении с контролем.

Исследования, проведенные в агроценозе *Silybum marianum* (L.) Grantz показали, что численность аминотрофных и аммонифицирующих микроорганизмов снижалась к фазе цветения растений. При бактеризации наблюдали снижение на порядок численности аминотрофов в сравнении с контролем (10,8 млн КОЕ/г а. с. п.), в фазу созревания численность аммонификаторов оставалась в пределах одного порядка – 21,9-52,4 млн КОЕ/г а. с. п. по сравнению с контролем – 30,8 млн КОЕ/г а. с. п.

Обеднение ризосферной почвы элементами питания установлено в фазу цветения растений, при котором численность олиготрофных микроорганизмов была на порядок ниже в сравнении с вариантами фазы розетки и созревания, исключая вариант с бактеризацией штаммом 204, где численность этой группы была во все фазы развития растений в пределах одного порядка – 10,7-25,2 млн КОЕ/г а. с. п. Существенных изменений в количестве азотфиксаторов в ризосфере расторопши не установлено, однако выявлено влияние фазы развития растений на численность фосфатмобилизирующих микроорганизмов, к концу вегетации отмечали снижение численности этой эколого-трофической группы микроорганизмов на один-два порядка до уровня 1,0-8,7 млн КОЕ/г а. с. п.

Максимальное количество спорообразующих микроорганизмов установлено в фазу розетки в варианте с обработкой штаммом 144 – 122,4 млн КОЕ/г а. с. п., что на один-два порядка больше в сравнении с другими вариантами опыта и фазами развития растений.

Численность микромицетов снижалась на один порядок к фазе цветения растений во всех вариантах исследования. Варианты: контроль, штамм 144 и 204, обеспечили восстановление численности микромицетов к фазе созревания расторопши до уровня количества микроорганизмов, относительно фазы розетки растений.

Бактерицизация штаммами 204, 01-1 и 32-3 увеличивала количество целлюлозоразлагающих микроорганизмов на порядок, в 2,0-2,3 раза в фазу цветения растений в сравнении с контролем (7,2 тыс. КОЕ/г а. с. п.).

Минерализационные процессы в ризосфере расторопши активно проходили в варианте со штаммом 01-1 ( $K_{\text{мин}}=1,31$ ) в начале вегетации растений (таблица 2).

Индекс олиготрофности свидетельствовал об интенсивности обеднения почвы питательными веществами в фазу розетки растений в вариантах с бактерицизацией штаммами 144, 204, 32-3 ( $I_{\text{олг}}=5,8; 6,5$ ), а также штаммом 01-1 ( $I_{\text{олг}}=6,2$ ) к концу вегетации растений. Вероятно, это связано с активным питанием растений. Высокая интенсивность трансформации органического вещества с участием микроорганизмов выявлена в начале вегетации в вариантах бактерицизации с штаммами 144, 204, 01-1 ( $K_{\text{мтов}}=238,2; 130,0; 127,8$ ); в фазу цветения с штаммом 204 ( $K_{\text{мтов}}=147,4$ ) и к концу вегетации в варианте со штаммами 32-3 и 204 ( $K_{\text{мтов}}=290,0; 1015,0$ ), что в 1,4-8,5 раз превышало контроль в соответствующие фазы развития растений. Коэффициент гумификации имел существенные различия в конце вегетации, где в контроле и варианте со штаммом 32-3 был на уровне 0,13 и 0,16 – что в 2-16 раз выше коэффициента других вариантов бактерицизации.

## Направленность микробиологических процессов в ризосфере *Silybum marianum* (L.) Grantz

(полевой опыт, чернозем южный, 2017 г., ФГБУН «НИИСХ Крыма»)

Вариант опыта	К <sub>мин</sub>	И <sub>олг</sub>	К <sub>мтов</sub>	УКГ
Фаза розетки				
Контроль	0,66	2,0	88,7	0,11
<i>N. linckia</i> 144	0,23	5,8	238,2	0,10
<i>R. radiobacter</i> 204	0,30	6,5	130,0	0,25
<i>B. amololiguefaciens</i> 01-1	1,31	1,0	127,8	0,11
<i>E. nimipressuralis</i> 32-3	0,51	6,5	87,1	0,18
Фаза цветения				
Контроль	0,59	2,9	22,4	0,04
<i>N. linckia</i> 144	0,62	4,5	27,5	0,02
<i>R. radiobacter</i> 204	0,19	4,5	147,4	0,03
<i>B. amololiguefaciens</i> 01-1	0,35	2,4	60,0	0,09
<i>E. nimipressuralis</i> 32-3	0,24	2,8	95,8	0,11
Фаза созревания				
Контроль	0,35	2,2	118,9	0,13
<i>N. linckia</i> 144	0,09	2,7	235,5	0,03
<i>R. radiobacter</i> 204	0,04	2,6	1015,0	0,01
<i>B. amololiguefaciens</i> 01-1	0,15	6,2	167,3	0,08
<i>E. nimipressuralis</i> 32-3	0,15	2,3	290,0	0,16

При оценке интегрирующего показателя эффективности бактериализации и продуктивности растений установлено, что предпосевная инокуляция штаммами 204 и 01-1 способствовала существенному повышению фитомассы растений расторопши на 1,8 и 2,0 г/растение (в 1,2 раза или на 20,2-22,4% соответственно) по сравнению с контролем.

### Выводы

Предпосевная бактериализация семян полифункциональными штаммами позволила провести биокоррекцию структуры микробоценоза, оптимизировать направленность микробиологических процессов в ризосфере рыжика и расторопши, выявить высокопродуктивные и комплементарные ассоциативные растительно- *Camelina sativa* (L.) Grantz, обеспечившие прибавку урожайности семян 68,0 и 68,6 г/м<sup>2</sup> (15,8 и 16,0% соответственно), а также *R. radiobacter* 204/*B. amololiguefaciens* 01-1, обеспечившие повышение урожайности семян на 1,8 соответственно) в сравнении с контролем в почвенно-климатических условиях предгорного Крыма.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта 16-34-00365 мол\_а.*

### Литература

1. Турина Е.Л., Кулинич Р.А. Выращивание озимого рыжика в Крыму // Международная научно-практическая интернет-конференция «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования». [Электронный ресурс]. Точка доступа: <http://pniiaz.ru/konf2016>. (дата обращения 05.02.2018).
2. Прахова Т.Я., Бражников В.Н. Озимый рыжик – ценная масличная культура // Основы рапсоведения: Сборник трудов. Запорожье, 2006. С. 59–62.
3. Ноженко Т.В. Создание исходного материала для селекции ярового рыжика в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Дис. ... канд. с.-х. наук. Омск: Омский Государственный аграрный университет, 2005. 125 с.
4. Зеленина О.Н., Прахова Т.Я. Жирно-кислотный состав маслосемян озимого рыжика сорта Пензяк // Масличные культуры. Науч.-техн. бюлл. ВНИИМК. Вып. 2 (141). 2009. С. 20–22.

5. Прахова Т.Я., Турина Е.Л., Кулинич Р.А., Прахов В.А. Экологическая устойчивость и адаптивность сортов рыжика озимого // *Аграрная Россия*. 2017. № 12. С. 23–27.
6. Аленин П.Г., Воронова И.А. Продуктивность рыжика озимого в зависимости от предпосевной обработки семян стимуляторами роста // Сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные технологии в АПК: теория и практика». Пенза, 2016. С. 16–19.
7. Прахова Т.Я., Плужникова И.И. Посевные качества рыжика посевного и крамбе абиссинской в зависимости от регуляторов роста // Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции с международным участием «Достижения современной аграрной науки сельскохозяйственному производству». Томск, 10 ноября 2017. С. 134–138.
8. Moser B.R. Camelina (*Camelina sativa* L.) oil as biofuels feedstock: Golden opportunity or false hope? // *Lipid Technol.* 2010. Vol. 22. No. 12. P. 270–273.
9. Moser B.R. Impact of fatty ester composition on low temperature properties of biodiesel-petroleum diesel blends // *Fuel*. 2014. Vol. 115. P. 500–506.
10. Щекатикина А.С., Власова Т.М., Курченко В.П. Получение биологически активных веществ из семян расторопши пятнистой (*Silybum marianum* (L.)) // *Труды БГУ*. 2008. Т. 3. Ч. 1. С. 218–229.
11. Куркин В.А. Расторопша пятнистая – источник лекарственных средств (обзор) // *Химико-фармацевтический журнал*. 2003. Т. 37. № 4. С. 27–41.
12. Лифантьева Н.А., Хуснидинов Ш.К. Особенности роста и развития расторопши пятнистой в связи с ее интродукцией в условиях Предбайкалья // *Вестник ИрГСХА*. 2012. № 51. С. 12–17.
13. Кшникаткин С.А., Воронова И.А. Экологическая роль комплексных гуминовых удобрений и регуляторов роста в повышении урожайности и качества расторопши пятнистой // *Вестник Саратовского госагроуниверситета имени Н.И. Вавилова*. 2009. № 11. С. 16–18.
14. Воронцов В.Т., Опара М.М. Досвід вирощування розторопші плямистої на невеликих ділянках та використання із метою оздоровлення // *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. № 2. 2010. С. 41–45.
15. Tikhonovich I.A., Provorov N.A. The molecular basis for construction of highly productive ecologically sustainable agrocenoses // *Russ. J. Genet.: Appl. Res.* 2012. Vol. 2. No. 5. P. 353–356.
16. Биопрепараты в сельском хозяйстве. (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). Под ред. Тихоновича И.А., Круглова Ю.В. М., 2005. 154 с.
17. Дидович С.В. Дидович А.Н. Влияние бактериализации семян на микробиологические процессы и продуктивность бобовых культур в агроценозах Крыма // *Инновации в науке*. 2015. № 2 (39). С. 66–72.
18. Maltsev Ye.I., Didovich S.V., Maltseva I.A. Seasonal changes in the communities of // *Issue 8*. P. 935–942.
19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 308 с.
20. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. Под ред. Лукомца В.М. Краснодар, 2010. 327 с.
21. Грицаенко З.М., Грицаенко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. К.: Нічлава, 2003. 320 с.
22. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1992. 8 с.
23. ДСТУ ISO 10390: 2001 Якість ґрунту. Визначення рН. Київ: Держстандарт України. 2003. 14 с.
24. Некоторые новые методы количественного учета почвенных микроорганизмов и изучения их свойств: метод. Рекомендации. Под ред. Возняковской Ю.М. Л., 1982. 54 с.
25. Експериментальна ґрунтова мікробіологія. За ред. В.В. Вокогона. К.: Аграрна наука, 2010. 464 с.
26. Никитин Д.И., Никитина Э.С. Процессы очищения окружающей среды и паразиты бактерий (род *Bdellovibrio*). М.: Наука, 1978. 205 с.
27. Муха В.Д. О показателях отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов // *Сборник трудов Харьковского сельскохозяйственного института*. 1980. Т. 273. С. 13–16.

## References

1. Turina E.L., Kulinich R.A. Cultivation of winter camelina in the Crimea // International scientific-practical Internet Conference “Modern ecological state of the natural environment and scientific-and-practical aspects of sustainable environmental practices” [Electronic resource]. Access point: <http://pniiaz.ru/konf2016>. (15iosystem’s date 05.02.2018).
2. Prakhova T.Ya., Brazhnikov V.N. Winter camelina is a valuable oilseed crop // *Fundamentals of rape cultivation: collection of scientific works*. Zaporozhye, 2006. P. 59–62.

3. Nozhenko T.V. Creation of initial material for selection spring camelina under conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia: Thesis. ... Cand. Sc. (Agr.). Omsk: Omsk state agrarian university, 2005. 125 p.
4. Zelenina O.N., Prakhova T.Ya. Fatty acid composition of winter false flax variety Penzyak // Oil crops. Scientific and Technical Bulletin VNIIMK. Vol. 2 (141). 2009. P. 20–22.
5. Prakhova T.Ya., Turina E.L., Kulinich R.A., Prakhov V.A. Ecological sustainability and adaptability of varieties of *Camelina* // Agrarnaya Rossiya (Agrarian Russia). 2017. No. 12. P. 23–27.
6. Alenin P.G., Voronova I.A. Productivity of winter camelina depending on presowing treatment of seeds by growth stimulants // Collection of scientific works of V All-Russian scientific-practical conference “Innovative technologies in agriculture: theory and practice”. Penza, 2016. P. 16–19.
7. Prakhova T.Ya., Pluzhnikova I.I. Sowing quality of seeds of *Camelina sativa* and *Crambe abyssinica* depending on the growth regulators // Collection of scientific works on the materials of scientific-practical conference with international participation “Achievements of modern agricultural science to agricultural production”. Tomsk, 10<sup>th</sup> of November 2017. P. 134–138.
8. Moser B.R. Camelina (*Camelina sativa* L.) oil as biofuels feedstock: Golden opportunity or false hope? // Lipid Technol. 2010. Vol. 22. No. 12. P. 270–273.
9. Moser B.R. Impact of fatty ester composition on low temperature properties of biodiesel-petroleum diesel blends // Fuel. 2014. Vol. 115. P. 500–506.
10. Schekatikhina A.S., Vlasova T.M., Kurchenko V.P. Extraction of biological active substances from milk thistle (*Silybum marianum* (L.)) seeds // Proceedings of the Belarusian State University. 2008. Vol. 3. Part 1. P. 218–229.
11. Kurkin V.A. Milk thistle – source of medicines (review) // *Khimiko-Farmatsevticheskii Zhurnal* (Russian Pharmaceutical Chemistry Journal). 2003. Vol. 37. No. 4. P. 27–41.
12. Lifanteva N.A., Khusnidinov Sh.K. Features of growth and development of *Silybum marianum* in connection to its introduction under conditions of Pre-Baikal region // *Vestnik IrGSCCHA*. 2012. No. 51. P. 12–17.
13. Kshnikatkin S.A., Voronova I.A. Ecological significance of complex humin fertilizers and plant growth regulators in yield and quality raising of bless milk thistle // *The Bulletin of Saratov State Agrarian University in honor of N.I. Vavilov*. 2009. No. 11. P. 16–18.
14. Vorontsov V.T., Opara M.M. Experience of growing Milk thistle on small plots and its use for the purpose of health improvement // *News of Poltava State Agrarian Academy*. 2010. No. 2. P. 41–45.
15. Tikhonovich I.A., Provorov N.A. The molecular basis for construction of highly productive ecologically sustainable agrocenoses // *Russ. J. Genet.: Appl. Res.* 2012. Vol. 2. No. 5. P. 353–356.
16. Biopreparations in agriculture. (Methodology and practice of using microorganisms in crop production and forage production). Edited by Tikhonovich I.A., Kruglova Yu.V. Moscow, 2005. 154 p.
17. Didovich S.V., Didovich A.N. The influence of seeds bacterization on microbiological processes and legumes productivity in 16iosyst agrocenoses // *Innovations in science*. 2015. No. 2 (39). P. 66–72.
18. Maltsev Ye.I., Didovich S.V., Maltseva I.A. Seasonal changes in the communities of microorganisms and algae in the litters of tree plantations in the steppe zone // *Eurasian Soil Science*. 2015. Vol. 50. Issue 8. P. 935–942.
19. Dospikhov B. A. Methods of field research. Moscow: Kolos, 1985. 308 p.
20. Methodology of field agricultural experiments with oilseeds. Edited by Lukomets V.M. Krasnodar, 2010. 327 p.
21. Gritsaenko Z.M., Karpenko V.P., Gritsaenko A.O. Methods of biological and agrochemical studies of plants and soils. Kyiv: Nichlava, 2003. 320 p.
22. GOST 26213-91 Soils. Methods for determination of organic matter. Moscow: Committee on Standardization and Metrology (USSR), 1992. 8 p.
23. DSTU (State Standard of Ukraine) ISO 10390: 2001 Soil quality. Determination of pH. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy. 2003. 14 p.
24. Some new methods for quantifying soil microorganisms and studying their properties: methodical recommendations. Edited by Voznyakovskaya Yu.M. Leningrad, 1982. 54 p.
25. Experimental soil. Edited by Volkogon V.V. Kyiv: Agricultural science, 2010. 464 p.
26. Nikitin D.I., Nikitina E.S. Process of environment purification and parasites of bacteria (genus *Bdellovibrio*). Moscow: Nauka, 1978. 205 p.
27. Mukha V.D. On indicators reflecting the intensity and direction of soil processes // *Proceedings of Kharkov Agricultural Institute*. 1980. Vol. 273. P. 13–16.



UDC 579.6/665.334.86

Gorgulko T.V.

**STRUCTURAL AND FUNCTIONAL FEATURES OF MICROBIOCENOSIS AND PRODUCTIVITY OF CAMELINA SATIVA (L.) GRANTZ AND SILYBUM MARIANUM (L.) GRANT IN AGROCENOSSES OF THE CRIMEA**

**Summary.** *The aim of the research was to study structural and functional features of microbiocenosis, orientation of microbiological processes in the soil rhizosphere and productivity of Silybum marianum (L.) Grantz and Camelina sativa (L.) Grantz plants when cultivated them on southern chernozem in the foothill zone of the Crimea. It was revealed as a result of the research that scientific hypothesis on the possibility of biocorrecting the plant rhizosphere microbocenosis in order to increase the productivity of valuable oil crops such as Silybum marianum (L.) Grantz and Camelina sativa (L.) Grantz was confirmed. Phases of vegetation of camelina and milk thistle, as well as introduction of polyfunctional microbial strains with seeds, which were bacterized, influenced structural and functional organization of soil microbiocenosis in the rhizosphere of studied oilseeds when cultivated them on southern chernozem under soil and climatic conditions of the foothill zone of the Crimea. Bacterization allowed to optimize the orientation of microbiological processes in the rhizosphere of plants. Highly productive and complementary associative plant-microbial systems Nostoc linckia 144/Rhizobium radiobacter 204 – Camelina sativa (L.) Grantz, which provided an increase in seed yield up to 68.0 and 68.6 g/m<sup>2</sup> (15.8 and 16.0%), and Rhizobium radiobacter 204/Bacillus amoliguefaciens 01-1 – Silybum marianum (L.) Grantz, which provided an increase in the seed yield up to 1.8 and 2.0 g/plant (20.2-22.4%) compared to control were obtained. Obtained 17iosystems of camelina and milk thistle can become the basis of PlantEcoTech (Plantgrowing Ecological Technologies) for agrocenoses.*

**Keywords:** *strain, bacterization, microbocenosis structure, Camelina sativa (L.) Grantz, Silybum marianum (L.) Grantz, plant productivity.*

Горгулько Татьяна Владимировна, научный сотрудник ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»; 295453, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 150; e-mail: t.gorgulko@gmail.com.

Gorgulko Tatyana Vladimirovna, junior scientist of Federal State Budget Scientific Institution “Research Institute of Agriculture of Crimea”; 150 Kievskaya str., Simferopol, Republic of Crimea, Russia; e-mail: t.gorgulko@gmail.com.

*Дата поступления в редакцию – 02.04.2018.*

*Дата принятия к печати – 09.04.2018.*