

2. Malinin V. N., Gur'janov D. A. Strukturnye osobennosti formirovaniya mezhgodovoj izmenchivosti temperatury vozduha v severo-zapadnom rajone Rossii // Obshchestvo. Sreda. Razvitie. SPb., 2013. № 2(27). S. 227–233.
3. Malinin V. N. Statisticheskie metody analiza gidrometeorologicheskoy informacii: Uchebnik. SPb.: Izd-vo RGGMU, 2008. 408 s.
4. Nesterov E. S. Severoatlanticheskoe kolebanie: atmosfera i okean. M.: Triada, ltd, 2013. 144 s.
5. Hromov S. P., Petrosjants M. A. Meteorologija i klimatologija: Uchebnik. M.: Izd-vo MGU, 2012.
6. Barnston A. G., Livezey R. E. Classification, seasonality and persistence of low frequency atmospheric circulation patterns // Mon. Wea. Rev. 1987. V. 115. P. 1083–1126.

В. Н. Лебедев*

Победитель конкурса поддержки публикационной активности молодых исследователей (проект 3.1.2, ПСР РГПУ им. А. И. Герцена)

АССОЦИАТИВНЫЕ ШТАММЫ БАКТЕРИЙ КАК СОВРЕМЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЗАЦИИ ВЫРАЩИВАНИЯ КАПУСТНЫХ РАСТЕНИЙ

*В вегетационных и полевых опытах с тремя сортами горчицы белой установлена перспективность применения ассоциативных ризобактерий. Наилучшие результаты получены при использовании бактериальных препаратов: мизорина (*Arthrobacter mysorens*, штамм 7) и флавобактерина (*Flavobacterium sp.*, штамм Л 30).*

Ключевые слова: фиксация молекулярного азота, инокуляция, продуктивность, минеральное питание, стимуляция роста.

V. Lebedev

Associative Strains of Bacteria as a Modern Element of Greening the Cultivation of Cabbage Plants

*In vegetative and field experiments with three grades of white mustard the potential of associative rhizobacteria application has been determined. The best results are received when using the following bacterial preparations: mizorin (*Arthrobacter mysorens*, strain 7) and flavobacterin (*Flavobacterium sp.*, strain L 30).*

Keywords: nitrogen fixation, inoculation, productivity, mineral nutrition.

Горчица белая — *Sinapis alba* L. — одна из ценных сельскохозяйственных культур из семейства капустных, имеющая масличное, кормовое и медоносное и сидеральное значение, способная обогащать почву усвояемыми формами азота и фосфора. Важным фактором экономически и экологически выгодного расширения посевов этой культуры является разработка и применение современных технологий ее выращивания.

Одним из перспективных приемов повышения продуктивности сельскохозяйственных культур является предпосевная инокуляция семян штаммами ассоциативных бактерий, способных стимулировать ростовые процессы растений, улучшать их минеральное питание, повышать фитоиммунитет и устойчивость к неблагоприятным воздействиям [1; 3; 5; 6; 7].

Вместе с тем для каждого вида и даже сорта растений необходим подбор своего штамма, который наиболее соответствует биологическим особенностям растительного ор-

ганизма, особенно специфике корневых выделений, определяющей приживаемость штамма в ризосфере [4].

Цель наших исследований заключалась в изучении влияния инокуляции семян горчицы белой ассоциативными бактериальными штаммами на всхожесть семян, ростовые процессы, минеральное питание и продуктивность растений. Работа выполнена на биостанции РГПУ им. А. И. Герцена (Ленинградская область, пос. Вырица). Растения выращивали в вегетационных сосудах и мелкоделяночных полевых опытах. В течение 10 лет (2004–2013) были проведены посевы горчицы трех сортов горчицы белой: Чергинская (к-4219), Grisilba (к-4258) и Kirbi (к-4261), предоставленные отделом масличных культур ВНИИ растениеводства им. Н. И. Вавилова. Для инокуляции семян использовались бактериальные препараты, изготовленные в лаборатории экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии: агрофил (*Agrobacterium radiobacter*, штамм 10), бактосан (*Bacillus subtilis*, Ч-13), мизорин (*Arthrobacter mysorens*, штамм 7), флавобактерин (*Flavobacterium* sp., штамм Л 30).

Многообразные механизмы взаимодействия ассоциативных ризобактерий с растениями (азотфиксация, продуцирование фитогормонов, мобилизация труднодоступных минеральных веществ и др.) способны оказывать позитивное влияние на протекание ряда физиологических процессов в растительных организмах и повышение их продуктивности [3].

Усиление биологической фиксации молекулярного азота растениями обуславливает повышение урожая и качества растительной продукции. Повышение азотфиксирующей активности в ризосфере растений в естественных условиях выращивания, когда проявляется негативное влияние того или иного внешнего фактора, возможно, за счет выявления и создания оптимальных условий для взаимодействия бактериального штамма и сорта растений [3], а также подбора и увеличения численности активных азотфиксаторов, конкурентных по отношению к естественной микрофлоре данного микробоценоза. Поэтому для небобовых культур важным показателем продуктивности является их способность вступать в ассоциации с азотфиксирующими ризобактериями, то есть повышать урожай без внесения минерального азота.

Одним из основных факторов, определяющих продуктивность растений, в том числе и горчицы белой, является азот почвы и минеральные удобрения, а также азот, фиксированный в ризосфере за счет ассоциации диазотрофных микроорганизмов с небобовыми растениями. Поэтому перспективным направлением повышения продуктивности многих видов небобовых культур является инокуляция семян растений бактериальными препаратами, изготовленными на основе отобранных штаммов ассоциативных ризобактерий.

Вместе с тем, как установлено многочисленными исследованиями [7], для каждого вида, и даже сорта растений, необходим подбор своего штамма, который наиболее соответствует биологическим особенностям растительного организма, а также специфике корневых выделений, определяющей приживаемость штамма в ризосфере [4].

В наших опытах для оценки продуктивности горчицы белой как кормовой культуры мы анализировали интегральный показатель — формирование зеленой биомассы растений, то есть общий урожай сухой массы надземных органов горчицы.

Величина урожая является суммарным отражением тех условий, в которых растение росло и развивалось. У небобовых растений, инокулированных ассоциативными бактериальными штаммами, величина урожая и его качество отражают эффективность ассоциации «растение — бактерия». Так, по данным некоторых авторов [2], горчица белая способна дать до 300–400 ц/га зеленой массы за один вегетационный период (от всходов до фазы полного цветения), который длится в условиях Ленинградской области 31 день.

Повышение продуктивности растений горчицы белой здесь также проявилось под влиянием всех исследуемых бактериальных штаммов, особенно у сорта Чергинская (рис. 1). По средним данным исследования, наибольшая продуктивность растений наблюдалась при использовании мизорина и флавобактерина. Прибавка сухой массы в этих вариантах составила от 124,6 до 182,9% (мизорин) и от 113,5 до 160,9% (флавобактерин).



Рис. 1. Влияние бактериальных препаратов на продуктивность горчицы белой (сорт Чергинская)

Необходимо отметить, что в разные годы исследований эффективность одного и того же штамма оказалась разной. Однако на протяжении всех лет и во всех посевах положительная тенденция их влияния на формирование урожая зеленой массы относительно контроля сохранялась прежняя.

Анализ отзывчивости сортов горчицы белой на биопрепараты в условиях полевых опытов показывает, что наиболее интенсивное накопление сухого вещества наблюдалось нами у сорта Чергинская — до 144,2% при использовании арторобактерий и 138,1% при инокуляции флавобактериями (рис. 2).

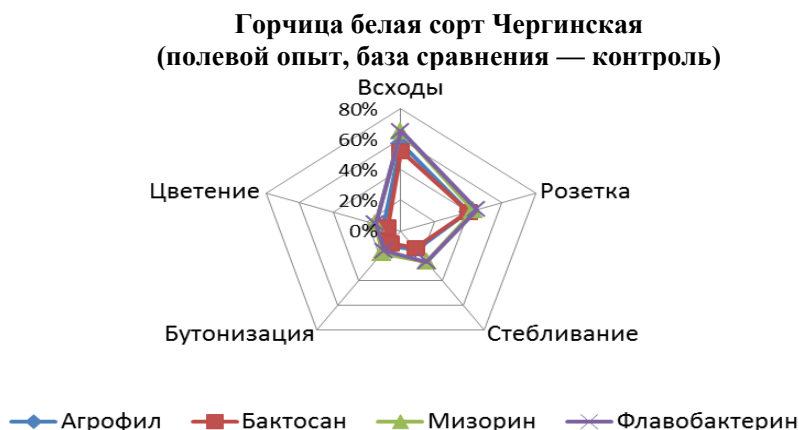


Рис. 2. Степень влияния бактериальных препаратов на формирование продуктивности горчицы на разных фазах развития

В связи с этим необходимо также отметить, что сорт Чергинская отличался в наших опытах от остальных как более продуктивный: средние многолетние данные в контроле составляли $79,0 \pm 5,1$ ц/га. Сорта *Grisilba* и *Kirbi* достоверно не отличаются друг от друга по данному показателю. Кроме того, их продуктивность в контроле была сравнительно ниже Чергинской — $59,5 \pm 16,2$ ц/га и $60,8 \pm 17,5$ ц/га соответственно.

По годам исследования наблюдается неодинаковое накопление сухой массы в надземных частях растений. Так, у сорта Чергинская биомасса растений накапливалась более интенсивно по сравнению с остальными. Это можно объяснить разными погодными условиями в годы эксперимента.

Исследования показали, что разные сорта горчицы сходным образом отзываются на действие различных бактериальных препаратов. Более отзывчивы, по-видимому, растения сорта Чергинская, продуктивность которых достоверно повышается. Возможно, это связано с большей способностью растений этого сорта к ризогенезу и соответственно более мощным развитием корневой системы.

Нами показано, что изменение размеров корневой системы влияние инокуляции образцов горчицы начинает проявляться уже на первых этапах прорастания семян. При инокуляции семян наблюдается удлинение зародышевых корней, достоверное при действии всех препаратов для сортов Чергинская и *Grisilba*, и при обработке мизорином и флавобактерином — у сорта *Kirbi*. В целом наиболее эффективной оказалась обработка семян горчицы белой флавобактерином и мизорином (см. таблицу). Длина корня в этих вариантах в 1,5 раза превышала контроль.

Влияние бактериальных препаратов на изменение длины зародышевого корня у сорта Чергинская горчицы белой (лабораторный опыт, средние данные за 2004–2014 гг.)

Варианты	Чергинская		Grisilba		Kirbi	
	см	%	см	%	см	%
Контроль	1,2	100,0	1,3	100,0	1,6	100,0
Агрофил	1,6	133,3	2,0	153,0	2,3	143,8
Азоризин	1,5	125,0	1,6	123,1	2,1	131,3
Бактосан	1,6	133,3	1,8	139,2	2,2	137,5
Мизорин	1,7	141,6	2,1	161,5	2,5	156,3
Мобилин	1,5	125,0	1,6	123,1	2,1	131,3
Ризоагрин	1,5	125,0	1,6	123,1	2,2	137,5
Флавобактерин	1,7	141,6	2,1	161,5	2,4	150,0
Экстрасол Пс	1,2	100,0	1,7	130,8	2,2	137,5
Алкалигенес	1,2	100,0	1,7	130,8	2,2	137,5
НСР ₀₅	0,1	—	0,3	—	0,6	—

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют, что обработка семян горчицы белой ассоциативными diaзотрофами значительно повышает продуктивность растений. Сухая масса при использовании биопрепаратов на основе ассоциативных diaзотрофов увеличивается от 120,2–129,7% (бактосан) и 121,2–132,9% (агрофил) до 136,3–148,0% (мизорин) и 136,0–142,7% (флавобактерин). Наиболее эффективными в отношении повышения продуктивности трех сортов растений горчицы белой являются штаммы бактерий, относящиеся к родам *Arthrobacterium* и *Flavobacterium*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Завалин А. А.* Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: ВНИИА, 2005. 302 с.
3. *Зайцев В. Я.* Крестоцветные культуры — важнейший резерв увеличения кормов. Л., 1984. 19 с.
3. *Воробейков Г. А., Павлова Т. К., Кондрат С. В. и др.* Исследование эффективности штаммов ассоциативных ризобактерий в посевах различных видов растений // Известия РГПУ им. А. И. Герцена: Научный журнал. 2011. № 141. С. 114–123.
4. *Кацы Е. И.* Молекулярно-генетические процессы влияющие на ассоциативное взаимодействие с растениями. Саратов: Изд-во СарГУ, 2003. 167 с.
5. *Лебедев В. Н., Воробейков Г. А.* Влияние бактериальных препаратов на минеральное питание и продуктивность горчицы белой (*Sinapis alba* L.) // Агрохимия. 2006. № 12. С. 42–46.
6. *Лебедев В. Н.* Минеральное питание, рост и продуктивность горчицы белой (*Sinapis alba* L.) при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. СПб.; Пушкин: 2008. 18 с.
7. *Тихонович Н. А., Кожемяков А. П., Чеботарь В. К. и др.* Биопрепараты в сельском хозяйстве. М., 2005. 154 с.

REFERENCES

1. *Zavalin A. A.* Biopreparaty, udobrenija i urozhaj. M.: VNIIA, 2005. 302 s.
2. *Zajtsev V. Ja.* Krestotsvetnye kul'tury — vazhnejshij rezerv uvelichenija kormov. L., 1984. 19 s.
3. *Vorobejkov G. A., Pavlova T. K., Kondrat S. V. i dr.* Issledovanie effektivnosti shtammov assotsiativnyh rizobakterij v posevah razlichnyh vidov rastenij // Izvestija RGPU im. A. I. Gertsena: Nauchnyj zhurnal. 2011. № 141. S. 114–123.
4. *Katsy E. I.* Molekuljarno-geneticheskie protsessy vlijajushchie na assotsiativnoe vzaimodejstvie s rastenijami. Saratov: Izd-vo SarGU, 2003. 167 s.
5. *Lebedev V. N., Vorobejkov G. A.* Vlijanie bakterial'nyh preparatov na mineral'noe pitanie i produktivnost' gorchicy beloј (Sinapis alba L.) // Agrohimiја. 2006. № 12. S. 42–46.
6. *Lebedev V. N.* Mineral'noe pitanie, rost i produktivnost' gorchitsy beloј (Sinapis alba L.) pri inokuljatsii semjan assotsiativnymi rizobakterijami: Avtoref. dis... kand. s.-h. nauk. SPb.; Pushkin: 2008. 18 s.
7. *Tihonovich N. A., Kozhemjakov A. P., Chebotar' V. K. i dr.* Biopreparaty v sel'skom hozjajstve. M., 2005. 154 s.

С. В. Лежнева*

Победитель конкурса поддержки публикационной активности молодых исследователей (проект 3.1.2, ПСР РГПУ им. А. И. Герцена)

МЕЖГОДОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПРИРОСТА ЕЛИ В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ (на примере Вологодской области)

Приведены результаты измерений серий годовых колец, анализ величин прироста ели, ее временной изменчивости в разных условиях произрастания. Выявлены особенности формирования годовичного прироста ели в Бабушкинском районе Вологодской области, определена степень влияния гидрометеорологических и космических факторов.

Ключевые слова: ель, дендроиндикация, радиальный прирост, лесные экосистемы, осадки, температуры, солнечная активность.