

БИОУДОБРЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ДЛЯ ЯРОВОГО РАПСА

*И.А. Дегтярева, д.б.н., Е.А. Прищепенко, к.с.-х.н., Н.И. Кириллова, Татарский научно-исследовательский институт агрохимии и почвоведения – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН
420059, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Оренбургский тракт, 20А,
e-mail: pease-1963@mail.ru*

Созданы шесть удобрений нового поколения, основой которых являются консорциум diaзотрофных (*Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas brassicacearum*) и фосфатмобилизующих бактерий (*Sphingobacterium multivorum*, *Achromobacter xylosoxidans*), а также нативные минералы (известь, цеолит, фосфорит) и их наноструктурные аналоги (суспензия наноструктурной извести, наноструктурная водно-фосфоритная суспензия, наноструктурная водно-цеолитная суспензия). Плотность бактериальной суспензии составляет $2,0 \cdot 10^9 - 8,0 \cdot 10^9$ КОЕ/см³, доза нативных минералов 1,0 т/га, наноструктурных аналогов – 0,1 т/га. Удобрения применены в условиях вегетационного опыта на серой среднесуглинистой почве на яровом рапсе сорта Набат. Установлено, что масса зерна максимальна при использовании удобрений с консорциумом и фосфоритом, а также консорциумом и суспензией наноструктурной извести. Все удобрения способствуют повышению содержания белка, сырой клетчатки, макроэлементов в зерне, что позволяет получать экологически безопасную растениеводческую продукцию.

Ключевые слова: яровой рапс, diaзотрофные и фосфатмобилизующие бактерии, консорциум, природные минералы, биоудобрения.

Для цитирования: Дегтярева И.А., Прищепенко Е.А., Кириллова Н.И. Биоудобрения нового поколения для ярового рапса// Плодородие. – 2022. – №6. – С. 109-111. DOI: 10.25680/S19948603.2022.129.28.

Биологический подход, основанный на использовании почвенных микроорганизмов и растений, является актуальным для сельского хозяйства всех стран мира [15,19]. В Республике Татарстан (РТ) и во многих регионах Российской Федерации (РФ) внедрены программы по развитию сельскохозяйственного производства [1]. Применение биопрепаратов на основе агрономически значимых микроорганизмов позволяет уменьшить дозу минеральных удобрений, что положительно воздействует на уровень содержания питательных веществ в получаемой растениеводческой продукции. Для создания биопрепаратов актуальны и перспективны выявление, отбор и изучение diaзотрофных и фосфатмобилизующих микроорганизмов. Эти микроорганизмы выделяют биологически активные и фунгицидные вещества, активизируют рост растений, оказывают значительное влияние на их развитие и формирование, обеспечивают активизацию прорастания семян, увеличение полевой всхожести, усиливают устойчивость растений к фитопатогенам благодаря наличию антагонистической активности [17, 21]. Улучшаются экологическое состояние почвы и ее структура, которая интенсивно обогащается азотом, фосфором и другими биогенными элементами, тем самым повышаются плодородие почвы и развитие полезной микрофлоры [10, 18, 19]. Инокуляция азотфиксирующими и фосфатмобилизующими бактериями увеличивает рост растений как в лабораторных [14], так и в полевых [16, 20] опытах.

В качестве удобрений, сорбентов, стимуляторов роста растений и микроорганизмов применяют природные минералы в разных формах (нативной, наноструктурной) [5]. Их использование в сельском хозяйстве позволяет увеличить объемы производства сельскохозяйственной продукции, улучшить ее качество и биологическую ценность. Среди минералов РТ наиболее распространены бентониты, глаукониты, известь, сапропель, цеолиты, фосфориты [13]. Поэтому в современном сельском хозяйстве востребованы экологически безопасные биопрепараты, в том числе на основе консор-

циумов автохтонных микроорганизмов и природных минералов.

Цель работы – создать биоудобрения нового поколения и применить их на яровом рапсе.

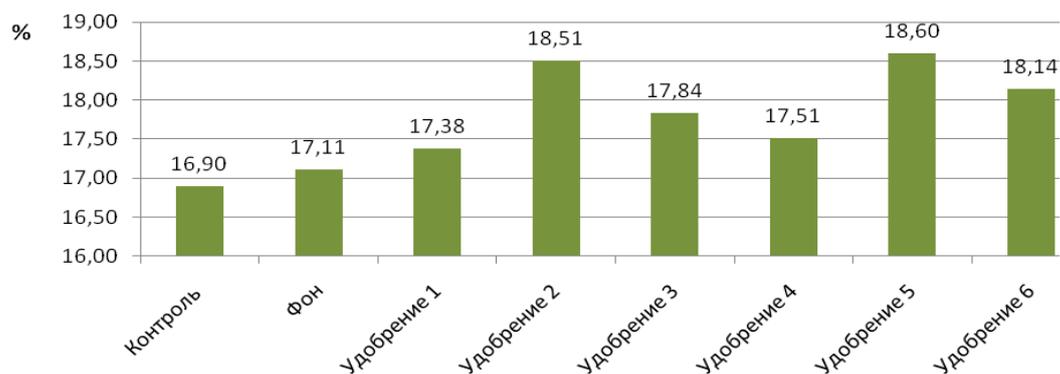
Методика. Объекты экспериментальных исследований: консорциум микроорганизмов (КМ) с высокой биологической активностью, выделенных из почв РТ (*Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas brassicacearum*, *Sphingobacterium multivorum*, *Achromobacter xylosoxidans*); природные минералы в нативном (известь, цеолит, фосфорит) и наноструктурном виде [суспензия наноструктурной извести (СНИ), наноструктурная водно-фосфоритная суспензия (НВФС), наноструктурная водно-цеолитная суспензия (НВЦС)]. Почва серая лесная среднесуглинистая, имеющая агрохимическую характеристику: гумус – 3,2%, рН_{сол.} 6,0, Нг – 0,8 мг-экв/100 г, S_{по} – 21,2 мг-экв/100 г, N_{шел.} – 119,0 мг/кг, P₂O₅ – 92,0, K₂O – 162,0 мг/кг; яровой рапс сорта Набат.

Оценку влияния удобрений нового поколения на массу и качество зерна ярового рапса сорта Набат изучали в вегетационном опыте по схеме: 1) контроль – без удобрений; 2) фон (N₆₀P₆₀K₆₀); 3) удобрение 1 (КМ + известь); 4) удобрение 2 (КМ + фосфорит); 5) удобрение 3 (КМ + цеолит); 6) удобрение 4 (КМ + СНИ); 7) удобрение 5 (КМ + НВФС); 8) удобрение 6 (КМ + НВЦС). Вегетационный опыт заложен в сосудах Вагнера объемом 5 кг. Размер вегетационного сосуда 0,018 м². Число растений в сосуде – 10. Повторность опыта – трехкратная. В качестве минеральных удобрений (фон) в почву в период набивки сосудов вносили комплексное универсальное удобрение Агрикола. В опыте использовали нативные и наноструктурные минералы. Наноструктурные минералы получали диспергированием активированных минералов в течение 20-30 мин в ультразвуковой установке УЗУ-0,25 при частоте 18,5 кГц (±10,0%), выходной мощности установки 80 Вт и амплитуде колебаний ультразвукового волновода 5 мкм. Биобезопасность применения наноструктурных минералов установлена ранее [4]. Биоудобрения созда-

вали на основе нативных минералов в дозе 1,0 т/га и их наноструктурных аналогов в дозе 0,1 т/га, которые добавляли к консорциуму микроорганизмов (плотность бактериальной суспензии $2,0 \cdot 10^9 - 8,0 \cdot 10^9$ КОЕ/см³). Биоудобрениями обрабатывали семена ярового рапса. Массу зерна ярового рапса и его качество учитывали в фазе полной спелости. Содержание белка определяли по ГОСТу 13496.4-2019 [2], клетчатки – по методике В.А. Разумова (1986) [9]. Все параметры измеряли не менее чем в трехкратной повторности. Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью электронных таблиц Excel и программы Origin 4.1.

Результаты и их обсуждение. При выращивании масличной культуры наиболее выраженное положительное влияние на массу семян рапса оказывают биоудобрения с нативными минералами. Так, в вариантах с удобрениями 2 и 3 отмечены максимальные прибавки по сравнению с таковыми, где к консорциуму добавлены наноструктурные аналоги (табл.).

При этом из нативных минералов наиболее эффективен фосфорит, среди наноминералов – суспензия наноструктурной извести. Целесообразность применения биоудобрений с наноминералами очевидна, так как значительное уменьшение дозы (в 10 раз) по сравнению с нативными формами существенно нивелирует потенциальную антропогенную нагрузку.



Примечание. Различия между опытными и контрольными вариантами достоверны при $p < 0,05$.

Рис. 1. Содержание белка в зерне ярового рапса

Содержание клетчатки, являющейся основным химическим веществом оболочки зерна, представлено на рисунке 2, из которого видно, что в варианте с минеральными удобрениями этот показатель увеличивается на 1,90% по сравнению с контролем. При совместном использовании консорциума микроорганизмов и нативных минералов следует отметить удобрение 3 (KM + цеолит), в котором содержание клетчатки повышается на 3,20 и 2,10% по сравнению с контролем и удобрением 1 (KM + известь). Среди биоудобрений с наноминералами содержание клетчатки выше по сравнению с контролем на 2,0% (KM + НВЦС), 3,0 (KM + НВФС) и 3,5% (KM + СНИ). Увеличение содержания этого показателя при использовании в составе удобрений нового поколения исследуемых минералов свидетельствует, что они хорошо влияют на состав зерна, повышая его пищевую ценность.

Азот, фосфор и калий – значимые питательные компоненты в составе зерна рапса. Установлено, что применение созданных удобрений способствует повышению содержания этих элементов по сравнению с контрольным вариантом. Общий азот немного увеличивается с использованием удобрения 5 (на 0,34%), а фосфор и калий –

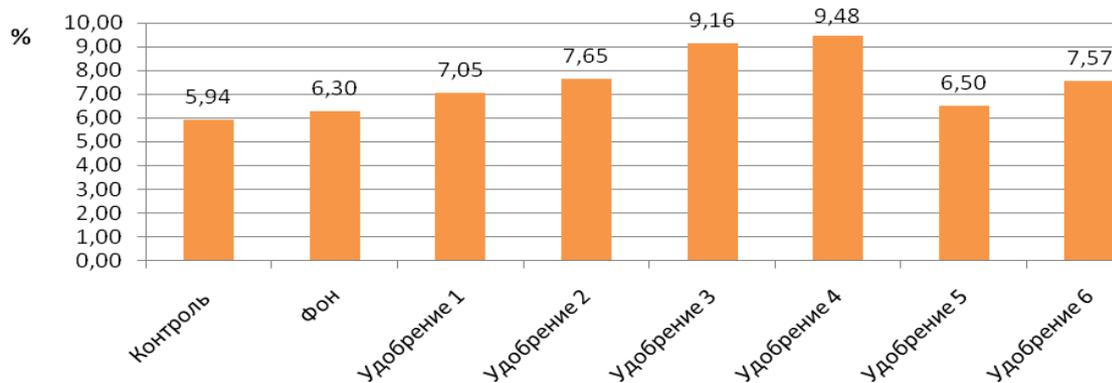
1. Масса семян ярового рапса

| Вариант | Средняя масса семян, г/сосуд | Прибавка к контролю, % |
|---|------------------------------|------------------------|
| Контроль (без удобрений) | 4,68 | - |
| Фон – N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀ | 5,75 | +22,9 |
| Удобрение 1 (KM + известь) | 6,71 | +43,4 |
| Удобрение 2 (KM + фосфорит) | 7,03 | +50,2 |
| Удобрение 3 (KM + цеолит) | 6,63 | +41,7 |
| Удобрение 4 (KM + СНИ) | 6,77 | +44,7 |
| Удобрение 5 (KM + НВФС) | 6,34 | +35,5 |
| Удобрение 6 (KM + НВЦС) | 6,47 | +38,2 |
| НСР ₀₉₅ | | 0,12 |

При оценке качества зерна применен комплексный подход, а именно определены несколько показателей, которые важны для оценки растениеводческой продукции. Так, белок считается основным показателем, определяющим качество зерна и его пищевую ценность. На рисунке 1 представлено содержание белка в зерне ярового рапса. В варианте, где использовано удобрение 2 (KM + фосфорит) наблюдается повышение содержания белка – на 1,50% по сравнению с контрольным вариантом. Среди наноструктурных минералов выделяется вариант с удобрением 5 (KM + НВФС), в котором содержание белка повышается на 1,70% по сравнению с контролем и на 1,13% по сравнению с удобрениями 4 (KM + СНИ) и 6 (KM + НВЦС).

удобрения 4 (KM + СНИ) и удобрения 5 (KM + НВФС) (на 0,54 и 0,48% соответственно). При совместном использовании консорциума микроорганизмов и нативных минералов можно отметить лучшие показатели содержания азота, фосфора и калия в варианте с удобрением 2 (KM + фосфорит). Хорошие данные по макроэлементам получены в варианте с удобрением 3 (KM + цеолит). Итак, среди биоудобрений с наноминералами лучшее качество зерна по содержанию макроэлементов отмечено при использовании удобрения 4 (KM + СНИ).

В научной литературе отмечено, что яровой рапс способен формировать высокие урожаи семян и зеленой массы [12, 8]. Для активного формирования урожая семян рапс использует в 1,5-2,0 раза больше питательных веществ, чем другие культуры [6]. Отмечается [11], что с урожаем семян рапса выносятся 150-190 кг/га азота, 70-100 фосфора и 180-70 кг/га калия. Имеются публикации, в которых представлены данные использования природных минералов и их наноструктурных аналогов, положительно влияющих на всхожесть, рост и развитие различных сельскохозяйственных культур [3, 7]. Рапс нуждается в постоянном питании.



Примечание. Различия между опытными и контрольными вариантами достоверны при $p < 0,05$.

Рис. 2. Содержание сырой клетчатки в зерне ярового рапса

Заключение. Суммируя вышеизложенное, можно констатировать, что благодаря использованию удобрений нового поколения на основе консорциума азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов и природных минералов можно получить экологически безопасную растениеводческую продукцию. При их применении почва становится более плодородной, повышаются урожайность и качество ярового рапса.

Литература

1. Валеев, М.Х. Быть полезным сельхозтоваропроизводителем / М.Х. Валеев // Защита и карантин растений. – 2010. – №7. – С. 10-11.
2. ГОСТ 13496.4-2019. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина – М.: Стандартинформ, 2019. – 16 с.
3. Дегтярева, И.А. Изучение комплексного удобрения на основе наноструктурной водно-фосфоритной суспензии и консорциума азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих микроорганизмов / И.А. Дегтярева, И.А. Яппаров, А.Я. Хидиятуллина // Уральский научный вестник (Казахстан). – 2014. – Т. 26. – С. 57-61.
4. Дегтярева, И.А. Получение наноразмерного бентонита и изучение его влияния на мутагенез у бактерий *Salmonella typhimurium* / И.А. Дегтярева, А.М. Ежкова, А.Х. Яппаров, И.А. Яппаров, В.О. Ежков, Э.В. Бабынин, А.Я. Давлетшина, Т.Ю. Мотина, Д.А. Яппаров // Российские нанотехнологии. – 2016. – Т. 11. – №9-10. – С. 104-110.
5. Ежков, В.О. Наноструктурные минералы: получение, химический и минеральный составы, структура и физико-химические свойства / В.О. Ежков, А.Х. Яппаров, Е.С. Нефедьев, А.М. Ежкова, И.А. Яппаров, А.П. Герасимов // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т. 17. – № 11. – С.41-45.
6. Крупкин, П.И. Пути прогнозирования эффективности минеральных удобрений: учеб. пособие / П.И. Крупкин // Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2006. – 95 с.
7. Мотина, Т.Ю. Биоудобрения комплексного действия на основе консорциума микроорганизмов и наноструктурных агроминералов для получения экологически безопасной продукции растениеводства / Т.Ю. Мотина, И.А. Дегтярева, А.Я. Давлетшина, И.А. Яппаров, Ш.А. Алиев, Э.В. Бабынин // Вестник Технологического университета. – 2017. – Т. 20. – № 12. – С. 122-126.
8. Нурлыгаянов, Р.Б. К вопросу возделывания рапса ярового в России в XIX в. и в начале XX в. / Р.Б. Нурлыгаянов, С.В. Лештаев, А.Н. Карома, С.Н. Сергеева, А.Л. Филлимонов, И.А. Карома // В сб.: Тенденции сельскохозяйственного производства в современной России. Материалы XII Международной научно-практической конференции, 2013. – С. 235-238]

9. Разумов, В.А. Справочник лаборанта-химика по анализу кормов / В. А. Разумов. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 302 с.
10. Терещенко, Н.М. Биоудобрения на основе микроорганизмов; Учебное пособие – Томск: Томский государственный университет, 2003. – 60 с.
11. Титова, В.И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях / В.И. Титова // Агротехнический вестник. – 2016. – № 1. – С. 2-7.
12. Юшина, Н.В. Отзывчивость сортов рапса ярового на агротехнические приемы выращивания маслосемян / Н.В. Юшина, Д.Л. Минаков, А.В. Амелин, С.Н. Петрова // В сб.: Кормопроизводство в условиях XXI в.: проблемы и пути их решения. Материалы Международной научно-практической конференции, 2009. – С. 279-282.
13. Яппаров, А.Х. Исследования в области нанобиотехнологий в сельском хозяйстве и международное сотрудничество с Социалистической Республикой Вьетнам / Под ред. А.Х. Яппарова. – Казань: Центр инновационных технологий, 2017. – 320 с.
14. Bautista-Cruz, A. Effect of phosphate-solubilizing bacteria isolated from semiarid soils on pitahaya seedlings (*Hylocereus undatus*) / A. Bautista-Cruz, Y. Donaji Ortiz-Hernandez, V. Martinez-Gallegos, G. Martinez Gutierrez // Idesia. – 2015. – Mar-May, № 33. – P. 65-68.
15. Geddes, B.A. Use of plant colonizing bacteria as chassis for transfer of N₂ fixation to cereals / B.A. Geddes, M.-H. Ryu, F. Mus, A.G. Costas, J.W. Peters, C.A. Voigt, P. Poole // Curr Opin Biotechnol. – 2015. – № 32. – P. 216-222.
16. Kaur, G. Effects of Phosphate-Solubilizing Bacteria, Rock Phosphate and Chemical Fertilizers on Maize-Wheat Cropping Cycle and Economics / G. Kaur, M.S. Reddy // Pedosphere. – 2015. – № 25. – P. 428-437.
17. Khabbaz, S.E. Characterisation of antagonistic *Bacillus* and *Pseudomonas* strains for biocontrol potential and suppression of damping-off and root rot diseases / S.E. Khabbaz, L. Zhang, L.A. Caceres, M. Sumarah, A. Wang, P.A. Abbasi // Annals of Applied Biology. – 2015. – May, №166. – P. 456-471.
18. Sharma, S.B. Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils / S.B. Sharma, R.Z. Sayyed, M.H. Trivedi and T.A. Gobi // Springerplus. – 2013. – №2. – P. 1-14.
19. Subramanian, P. Endophytic bacteria improve nodule function and plant nitrogen in soybean on co-inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* MN110 / P. Subramanian, K. Kim, R. Krishnamoorthy, S. Sundaram, T.M. Sa // Plant Growth Regulation. – 2015. – Jul, №76. – P. 327-332
20. Viruel, E. Inoculation of maize with phosphate solubilizing bacteria: effect on plant growth and yield / E. Viruel, L.E. Erazzu, L.M. Calsina, M.A. Ferrero, M.E. Lucca, F. Sineriz // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. – 2015. – №14. – P. 819-831.
21. Zhang, L. Detection and characterization of broad-spectrum antipathogen activity of novel rhizobacterial isolates and suppression of *Fusarium* crown and root rot disease of tomato / L. Zhang, S.E. Khabbaz, A. Wang, H. Li, P.A. Abbasi // Journal of Applied Microbiology. – 2015. – Mar, №118. – P. 685-703.

NEW GENERATION BIOFERTILIZERS FOR SPRING RAPE

I.A. Degtyareva, DrSci; E.A. Prishchepenko Ph.D; N.I. Kirillova

Tatar Research Institute of Agricultural Chemistry and Soil, Science of FRC Kazan Scientific Center of RAS
420059, Republic of Tatarstan, Kazan, st. Orenburg tract, 20A, E-mail: peace-1963@mail.ru

Six new generation fertilizers have been created, based on a consortium of diazotrophic (*Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas brassicaearum*) and phosphate-mobilizing bacteria (*Sphingobacterium multivorum*, *Achromobacter xylosoxidans*), as well as native minerals (lime, zeolite, phosphorite) and their nanostructural analogs (nanostructured lime suspension, nanostructured water-phosphorite suspension, nanostructured water-zeolite suspension). The density of the bacterial suspension is $2.0 \times 10^9 - 8.0 \times 10^9$ CFU/cm³, the dose of native minerals is 1.0 t/ha, of nanostructured analogues is 0.1 t/ha. Fertilizers were applied under the conditions of a vegetative experiment on gray medium loamy soil on spring rapeseed of the Nabat variety. It has been established that the grain mass is maximum when using fertilizers with a consortium and phosphorite, as well as a consortium and a suspension of nanostructured lime. All fertilizers help to increase the content of protein, crude fiber, macroelements in grain, which makes it possible to obtain environmentally friendly crop products.

Keywords: spring rapeseed, diazotrophic and phosphate mobilizing bacteria, consortium, natural minerals, biofertilizers.