

*particular, by the accumulation of a large number of proteins inhibitors of the enzymes trypsin and chymotrypsin, as compared to white flowered peas. Especially significant advantages of pelyushki before white-flowered varieties revealed by resistance to seed infection. One of the reasons is the formation of a thicker and more massive seed coat (on average by 25%) and the manifestation of greater activity of protein-inhibitors of polygalacturonase (on average by 23%). It was concluded that in this culture there was a need to move the breeding based to non-traditional methods of selection. Recommended to use the indicators of the rate of photosynthesis of plants responsible for the formation of the bioenergy potential of plants, which does not increase in pea plants during artificial breeding.*

**Keywords:** pea, breeding, physiology, resistance, adaptability.

**DOI:** 10.24411/2309-348X-2019-11082

**УДК** 581.138.1:631.811.982

### **ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ РИЗОТОРФИН И АЛЬБИТ НА СОДЕРЖАНИЕ ФИТОГОРМОНОВ В РАСТЕНИЯХ ГОРОХА РАЗНЫХ СОРТОВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИМБИОЗА**

**О.Г. ВОЛОБУЕВА**, кандидат биологических наук

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – МОСКОВСКАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

*В условиях вегетационного опыта с растениями гороха сортов Норд и Мультик изучено влияние обработки семян этих растений биопрепаратами Ризоторфин и Альбит на показатели роста, содержание и соотношение эндогенных фитогормонов в листьях, стеблях и корнях с клубеньками в фазу бутонизации – начала цветения (период наиболее активной азотфиксирующей активности у гороха) и эффективность симбиоза. Установлено, что наиболее отзывчивым на действие Ризоторфина оказался сорт Норд. Обработка семян растений этого сорта приводила к увеличению длины и надземной массы растений, массы корней с клубеньками, количества и массы клубеньков. Это происходило на фоне увеличения ауксинов, зеатина в корнях с клубеньками, гиббереллинов – в стеблях. Наиболее отзывчивым на действие Альбита оказался сорт Мультик. Обработка семян этого сорта Альбитом приводила к увеличению длины и надземной массы растений, массы корней с клубеньками, количества и массы клубеньков на фоне увеличения ауксинов в листьях, стеблях и корнях с клубеньками, зеатина – в стеблях, гиббереллинов – в листьях, абсцизовой кислоты – в листьях, стеблях и корнях с клубеньками. Показатели роста коррелировали с показателями азотфиксирующей активности этих растений.*

**Ключевые слова:** горох, биопрепараты, Ризоторфин, Альбит, фитогормоны, клубеньковые бактерии, ризобактерии, азотфиксирующая активность, симбиоз.

Взаимодействие бобовых растений с симбиотическими микроорганизмами играет важную роль в их развитии, обеспечивая растение соответствующим питанием и фитогормонами, защищая от патогенов, адаптируя к стрессам [1]. В настоящее время в связи с возрастающей антропогенной нагрузкой на компоненты агроэкосистемы, нестабильной климатической ситуацией, повышением цен на ресурсо- и энергоносители, остро стоит вопрос о поиске новых агротехнологий, которые могли бы стабилизировать производство сельскохозяйственных культур. В последнее время среди агротехнологий двадцать первого века набирают популярность биопрепараты. Главное достоинство биопрепаратов - это экологическая и экономическая составляющие их использования. Применение микроорганизмов, особенно в сочетании с зернобобовыми культурами, позволяет не только

получать высокие урожаи последних, но и оказать существенное последствие на другие культуры. При этом данная комбинация позволяет сохранить и повысить плодородие почвы.

Использование биопрепаратов и регуляторов роста может быть высокоэффективным на основе изучения уровня естественных гормонов в растительном организме [2]. При воздействии на растения экзогенными препаратами в них изменяется содержание и соотношение эндогенных гормонов [3, 4]. В настоящее время накоплен большой экспериментальный материал, в котором анализируется содержание фитогормонов в растениях [5, 6]. Однако, во взаимодействии ризобий и растений, фитогормоны регулируют активность геномов, поэтому важно было изучить эндогенный уровень фитогормонов в связи с процессами азотфиксации.

**Цель работы** – изучение влияния предпосевной обработки семян растений гороха сортов Норд и Мультик биопрепаратами Ризоторфин и Альбит на содержание и соотношение фитогормонов в листьях, стеблях и корнях с клубеньками, показатели роста и эффективность симбиоза.

#### **Материалы и методика исследований**

Исследования проведены в условиях вегетационного опыта в почве под сеткой. Объектами исследования были растения гороха сортов Норд и Мультик. Семена замачивали в течение 3ч в растворе биопрепарата Альбит в концентрации  $10^{-6}$ М и затем за 1ч перед посевом обрабатывали Ризоторфином. Варианты опыта: 1 – обработка семян Ризоторфином, 2 – обработка семян Альбитом на фоне инокуляции Ризоторфином. Повторность 4-кратная. Ризоторфин (*Rhizobium leguminosarum*, штамм 245a) получен во ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург, Пушкин). Биопрепарат Альбит разработан в Институте биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К.Скрябина РАН (Пушино) совместно с научно-производственной фирмой ООО «Альбит». Альбит обладает свойствами регулятора роста, фунгицида, удобрения и антистрессанта, содержит очищенные действующие вещества из бактерий *Bacillus megaterium* и *Pseudomonas aureofaciens*, которые в природных условиях обитают на корнях растений, стимулируют их рост, защищают от патогенов и неблагоприятных факторов среды [7]. Содержание фитогормонов (ИУК – индолилуксусная кислота, ЦК – цитокинин, ГК – гиббереллины, АБК – абсцизовая кислота) в листьях, стеблях, корнях с клубеньками определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) по методике, разработанной в лаборатории регуляторов роста и развития сельскохозяйственных растений РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева [8]. Условия хроматографирования для определения фитогормонов изложены ранее [9]. Содержание фитогормонов определяли в фазу бутонизации-начала цветения – период высокой азотфиксирующей активности гороха. Одновременно в эту фазу измеряли длину растений, учитывали надземную массу растений, массу корней с клубеньками, массу и количество клубеньков. Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы Statistica for Microsoft Windows.

#### **Результаты исследований и их обсуждение**

Данные рисунка 1 свидетельствуют о том, что Альбит не оказал влияние на содержание ауксинов в листьях и стеблях растений гороха сорта Норд. Вместе с тем снизил их количество в корнях с клубеньками, почти на 25% по сравнению с контролем. Что касается сорта Мультик, то отмечено существенное изменение при обработке Альбитом в уровне ауксинов в листьях и стеблях (увеличение почти в 2 и 1.5 раза, соответственно против контроля). В отличие от сорта Норд, Альбит повысил содержание индолилуксусной кислоты на 34% в корнях с клубеньками на фоне инокуляции Ризоторфином. Анализ данных по содержанию зеатина показал, что Альбит на фоне инокуляции Ризоторфином не оказал влияние на содержание зеатина в листьях растений гороха обоих сортов. Вместе с тем, повысил его содержание в стеблях растений гороха, причём у сорта Мультик в большей степени (в 4 раза), по сравнению с сортом Норд. Наибольшее содержание зеатина отмечено в корнях с клубеньками растений гороха обоих сортов при обработке только Ризоторфином. Этот факт подтверждает, что основным местом синтеза цитокининов являются апикальные

меристемы корней, влияющие на развитие побега и, прежде всего, на функционирование ассимиляционного аппарата [10].

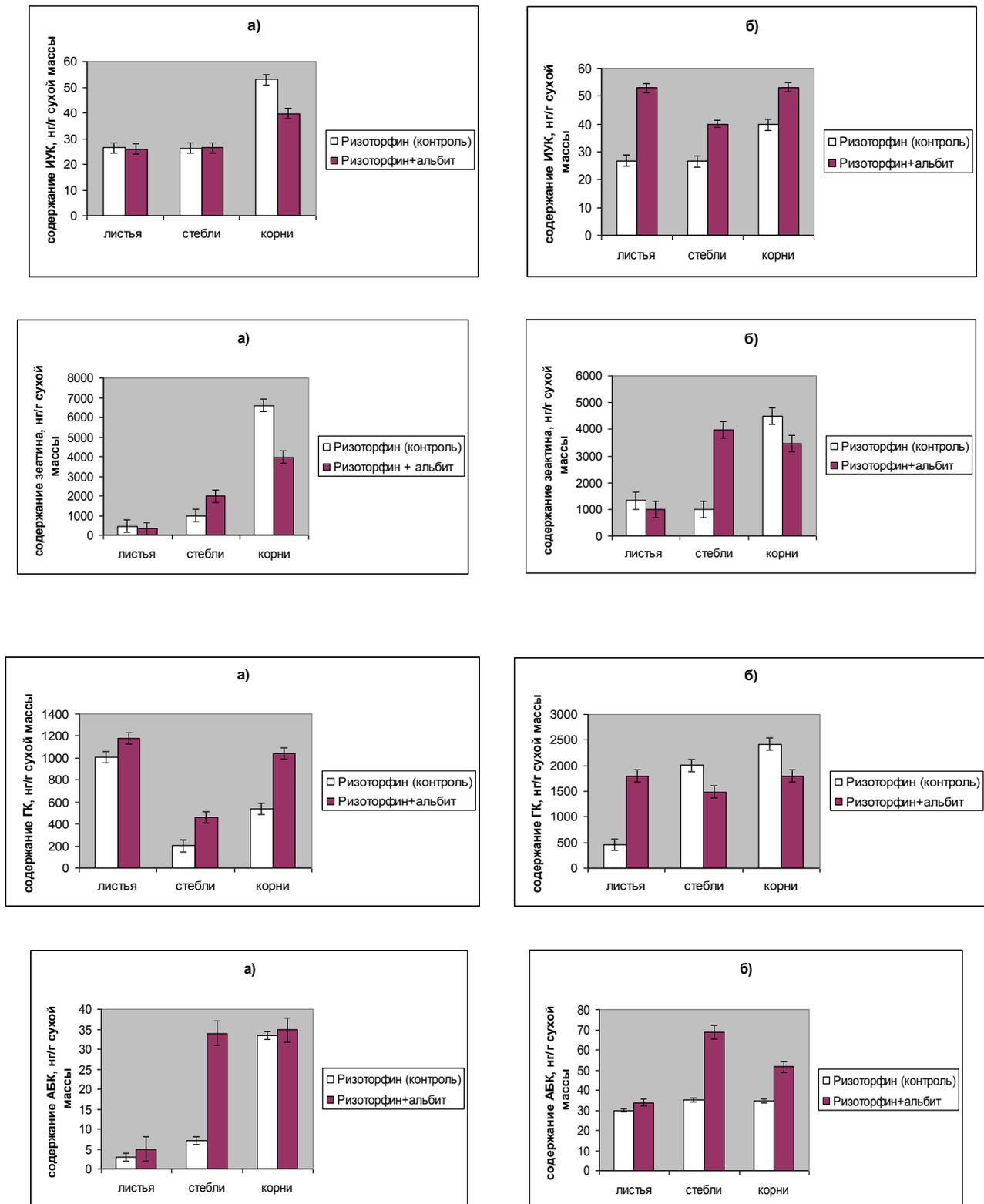


Рис. 1. Содержание фитогормонов в органах растений гороха сортов Норд (а) и Мультик (б) при обработке семян Ризоторфином и Альбитом

Содержание гиббереллинов увеличивалось в листьях растений гороха сорта Норд под влиянием Альбита на фоне инокуляции Ризоторфином на 17,2% в стеблях и в корнях с клубеньками почти в 2 раза, по сравнению с контролем. Возможно этот эффект был вызван

положительным влиянием ризобактерий Альбита, усиливший метаболическую активность клубеньковых бактерий, поскольку известно, что ризобии являются продуцентами ауксинов. Кроме того, вероятно связь с эффектом стимуляции АТФ-азы под влиянием эндогенной ИУК, которая увеличила показатели энергетического обмена бактерий, связанного с процессами дыхания и окислительного фосфорилирования.

Что касается сорта Мультик, то отмечено существенное изменение при обработке Альбитом в уровне ГК в листьях – увеличение почти в 3 раза, по сравнению с контролем. Вместе с тем, Альбит значительно снизил содержание ГК в стеблях и корнях с клубеньками (на 25,9% и 25,6% соответственно). Содержание абсцизовой кислоты под влиянием Альбита возрастало в стеблях и корнях с клубеньками растений гороха обоих сортов. Обычно АБК, ингибитор роста, играющий ведущую роль в регулировании покоя, тормозит ростовые процессы в растении. Торможение роста сопровождается подавлением синтетических процессов и ускорением старения тканей. АБК выступает антагонистом ауксинов, цитокининов и гиббереллинов. Антагонизм между ЦК и АБК отмечен в ряде работ [11, 12].

При анализе результатов содержания фитогормонов важно учитывать их соотношения. В таблице 1 представлено соотношение фитогормонов в растениях гороха сортов Норд и Мультик при обработке Альбитом и Ризоторфином.

Таблица 1

**Соотношение фитогормонов в растениях гороха сортов Норд и Мультик**

| Вариант                               | Органы растения | Соотношение фитогормонов |            |            |                   |
|---------------------------------------|-----------------|--------------------------|------------|------------|-------------------|
|                                       |                 | ИУК/<br>АБК              | ГК/<br>АБК | ЦК/<br>АБК | ИУК+ЦК+ГК/<br>АБК |
| Сорт Норд +<br>Ризоторфин             | Листья          | 8.83                     | 150        | 334.47     | 164.4             |
|                                       | Стебли          | 3.74                     | 141.5      | 28.69      | 24.85             |
|                                       | Корни           | 1.58                     | 197        | 16         | 6.41              |
| Сорт Норд + Альбит<br>+ Ризоторфин    | Листья          | 5.2                      | 67.1       | 235.28     | 61.52             |
|                                       | Стебли          | 7.79                     | 58.24      | 13.54      | 2.34              |
|                                       | Корни           | 0.97                     | 113.79     | 29.89      | 4.16              |
| Сорт Мультик +<br>Ризоторфин          | Листья          | 0.89                     | 44.0       | 15.22      | 2.0               |
|                                       | Стебли          | 0.76                     | 28.3       | 57.34      | 2.47              |
|                                       | Корни           | 1.15                     | 130.05     | 69.94      | 5.82              |
| Сорт Мультик + Альбит<br>+ Ризоторфин | Листья          | 1.56                     | 29.34      | 53.07      | 2.48              |
|                                       | Стебли          | 0.58                     | 57.72      | 21.66      | 1.16              |
|                                       | Корни           | 1.03                     | 67.2       | 34.88      | 2.0               |

Анализ данных по влиянию Ризоторфина и Альбита на показатели роста и азотфиксирующую активность растений гороха сортов Норд и Мультик показал, что обработка семян Альбитом на фоне инокуляции Ризоторфином растений гороха сорта Мультик приводила к повышению длины, надземной массы, массы корней с клубеньками, количества клубеньков и массы клубеньковой ткани. У сорта Норд проявилось протекторное действие Ризоторфина. Под его влиянием происходило увеличение длины, надземной массы растений, массы корней с клубеньками, количества и массы клубеньков (рис. 2).

Таким образом, наиболее чувствительным к обработке Альбитом на фоне инокуляции Ризоторфином оказался сорт гороха Мультик. По-видимому, клубеньковые бактерии и ризобактерии, входящие в состав биопрепарата Альбит, синтезируя физиологически активные макромолекулы, влияли также и на перераспределение эндогенных гормонов в органах растения. Несомненно, что фитогормоны растений вызывали усиление метаболизма ризобий и ризобактерий, что позволило в дальнейшем характеризовать их действие как фактор, способствующий формированию эффективного симбиоза.

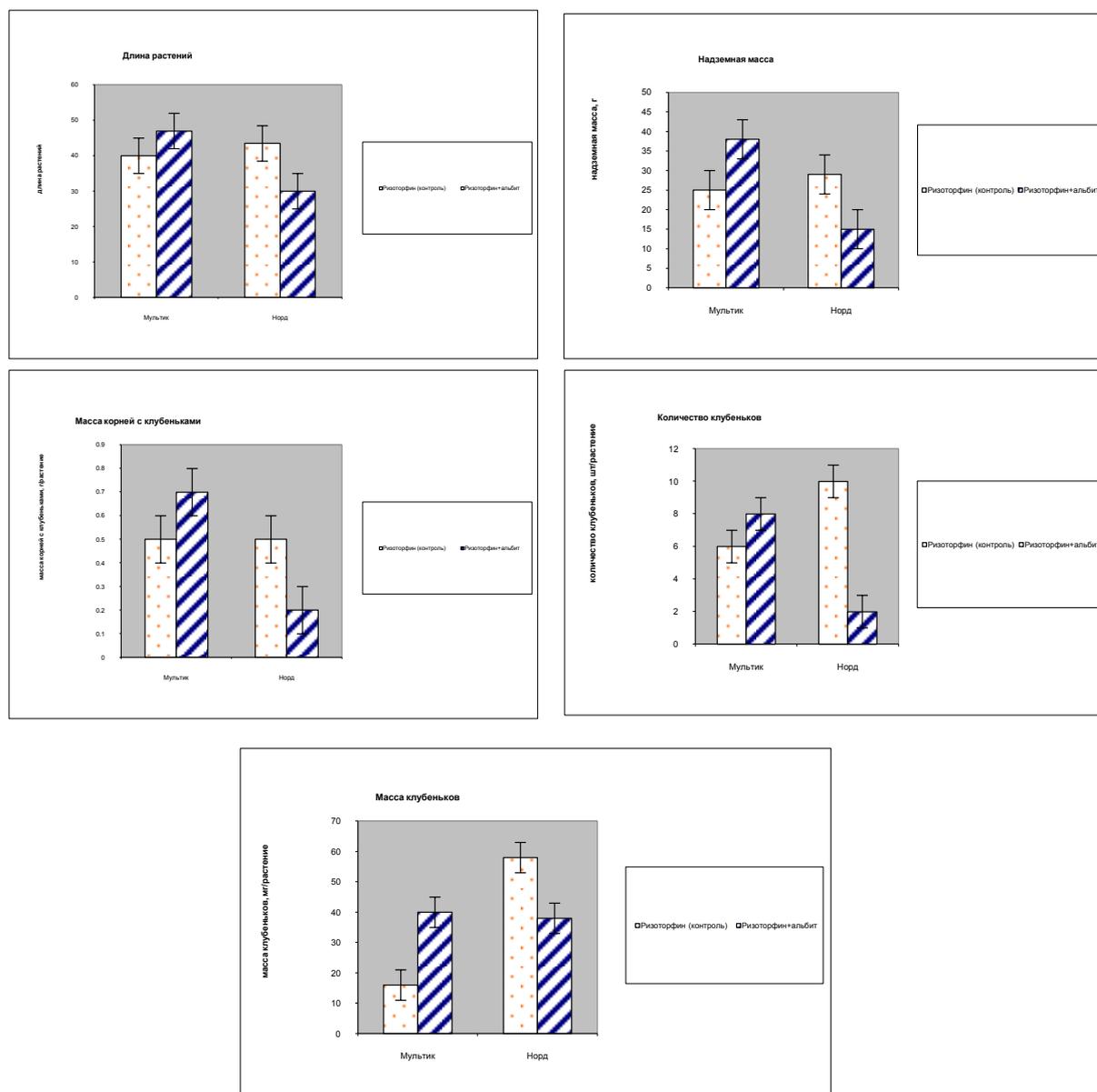


Рис. 2. Показатели роста и азотфиксирующая активность растений гороха сортов Норд и Мультик

Таким образом, можно заключить следующее.

**Сорт Норд.** Содержание *ауксинов* у растений гороха сорта Норд под влиянием Альбита на фоне инокуляции Ризоторфином не изменялось в листьях и стеблях и снижалось в корнях с клубеньками на 25%, по сравнению с контролем. Содержание *зеатина* под влиянием Альбита повышалось в стеблях в 2 раза и снижалось в листьях и в корнях с клубеньками на 25% и 40% соответственно. Содержание *ГК* под влиянием Альбита увеличивалось в листьях на 17,2%, в стеблях и корнях с клубеньками почти в 2 раза, по сравнению с контролем. Содержание *АБК* под влиянием Альбита несколько увеличивалось в листьях и корнях с клубеньками и значительно повышалось в стеблях (почти в 4 раза) против контроля. Обработка семян растений этого сорта только Ризоторфином приводила к увеличению длины и надземной массы, массы корней с клубеньками, количества и массы клубеньков.

**Сорт Мультик.** Содержание *ауксинов* под влиянием Альбита повышалось в листьях, стеблях и корнях с клубеньками на 97,4%, 50,4% и 34% соответственно, по сравнению с контролем. Содержание *зеатина* под влиянием Альбита повышалось в стеблях (в 4 раза), снижалось в листьях на 25% и в корнях с клубеньками на 23%, по сравнению с контролем.

Содержание ГК под влиянием Альбита повышалось в листьях (почти в 3 раза) и снижалось в стеблях на 25,9% и в корнях с клубеньками на 25,6%, по сравнению с контролем. Содержание АБК под влиянием Альбита, на фоне инокуляции Ризоторфином, в листьях было почти на уровне с контролем, увеличивалось в стеблях (в 2 раза) и в корнях с клубеньками на 49%, по сравнению с контролем. Обработка семян этого сорта Альбитом приводила к увеличению длины и надземной массы растений, массы корней с клубеньками, количества и массы клубеньков.

### Заключение

Обработка растений гороха сортов Норд и Мультик биопрепаратом Ризоторфин, содержащим штамм клубеньковых бактерий *Rhizobium leguminosarum* 245a, и Ризоторфином в сочетании с биопрепаратом Альбит, приводила к изменению соотношения эндогенных фитогормонов в листьях, стеблях и корнях с клубеньками этих растений. Отмечены сортовые особенности растений гороха по содержанию эндогенных фитогормонов при обработке Ризоторфином и Альбитом. У сорта Норд проявилось протекторное действие Ризоторфина. Обработка семян растений этого сорта приводила к увеличению длины и надземной массы растений, массы корней с клубеньками, количества и массы клубеньков. Это происходило на фоне увеличения ауксинов, зеатина в корнях с клубеньками, гиббереллинов – в стеблях. Наиболее отзывчивым на действие Альбита оказался сорт Мультик. Обработка семян этого сорта Альбитом приводила к увеличению длины и надземной массы растений, массы корней с клубеньками, количества и массы клубеньков на фоне увеличения ауксинов в листьях, стеблях и корнях с клубеньками, зеатина – в стеблях, гиббереллинов – в листьях, абсцизовой кислоты – в листьях, стеблях и корнях с клубеньками. Это свидетельствует о возможных вариантах контроля со стороны генетического аппарата растения за их биосинтезом. Возможно этим определяется неодинаковая способность одного и того же микроорганизма вызвать различные сдвиги в организме растения-хозяина. По-видимому, клубеньковые бактерии и ризобактерии, синтезируя физиологически активные макромолекулы, влияли также и на перераспределение эндогенных гормонов в органах растений. Несомненно, что фитогормоны вызывали усиление метаболизма ризобий и ризобактерий, что позволило характеризовать их действие как фактор, способствующий формированию эффективного симбиоза.

### Литература

1. Проворов Н.А., Онищук О.П. Эволюционно-генетические основы симбиотической инженерии растений: мини-обзор // Сельскохозяйственная биология. – 2018. – Т.53. – № 3. – С. 464-474.
2. Архипова Т.Н., Высоцкая Л.Б., Мартыненко Е.В., Иванов И.И., Кудоярова Г.Р. Участие цитокининов в реакции растений на присутствие конкурентов // Физиология растений. – 2015. – Т. 62. – № 4. – С. 560-570.
3. Гарипова С.Р., Гарифуллина Д.В., Маркова О.В., Иванчина Н.В., Хайфулина Р.М. Изучение бактериальных ассоциаций эндофитов клубеньков, способствующих увеличению продуктивности бобовых растений // Агрехимия. – 2010. – № 11. – С. 50-58.
4. Гарипова С.Р., Маркова О.В., Самигуллин С.Н. Продуктивность и клубенькообразующая способность у сортов фасоли обыкновенной в условиях Предуралья // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50. – № 1. – С. 55-62.
5. Акимова Г.П., Соколова М.Г., Нечаева Л.Ф. Влияние инокуляции *Rhizobium leguminosarum* на содержание полимеров клеточных стенок корней гороха // Физиология растений. – 2000. – Т.47. – № 2. – С. 226-230.
6. Пузина Т.И. Влияние сернокислого цинка и борной кислоты на гормональный статус растений картофеля в связи с клубнеобразованием // Физиология растений. – 2004. – Т. 51, – № 2. – С. 234-240.
7. Алехин В.Г., Злотников А.Е. Биопрепарат Альбит: результаты и особенности применения // Главный агроном. – 2007. – № 3. – С. 55-59.
8. Скоробогатова И.В., Захарова Е.В., Карсункина Н.П., Курапов П.Б., Соркина Г.Л., Кислин Е.Н. Изменение содержания фитогормонов в проростках ячменя в онтогенезе и при внесении регуляторов, стимулирующих рост // Агрехимия. – 1999. – № 8. – С.49-53.
9. Волобуева О.Г., Скоробогатова И.В., Шильникова В.К. Взаимодействие биологически активных веществ ризобий и ризобактерий с эндогенными фитогормонами растений гороха разных сортов // Агрехимия. – 2008. – № 8. – С. 34-39.
10. Романов Г.А. Как цитокинины действуют на клетку // Физиология растений – 2009. – Т. 56. – № 2. – С. 295-319.

11. Нефедьева Е.Э., Мазей Н.Г., Хрянин В.Н. Изменение гормонального баланса в прорастающих семенах после обработки импульсным давлением // Физиология растений. – 2005. – Т. 52, – № 1. – С. 146-150.
12. Якушкина Н.И. Физиологические особенности гормональной регуляции роста растений на разных этапах онтогенеза и в различных условиях среды // Влияние антропогенных факторов на функционирование биоценозов и их отдельные компоненты. – М.: МГОУ. – 2005. – С. 5-42.

## **EFFECT OF BIOPRODUCTS RHIZOTORPHIN AND ALBIT ON THE CONTENT OF PHYTOHORMONES IN DIFFERENT VARIETIES OF PEA PLANTS AND EFFICIENCY OF SYMBIOSIS**

**O.G. Volobueva**

**RUSSIAN STATE AGRARIAN UNIVERSITY – MOSCOW TIMIRYAZEV AGRICULTURAL ACADEMY**

***Abstract:** In the conditions of microplot trial with pea plants varieties Nord and Multik studied the effect of seed treatment of these plants with Rizotorphine and Albit biopreparations on growth rates, content and ratio of endogenous phytohormones in leaves, stems and roots with nodules in the budding-beginning of flowering phase (the period of the most active nitrogen-fixing activity in peas) and effectiveness of symbiosis. It was found that the most responsive to the processing of Rizotorfin was the variety Nord. Seed treatment of plants of this variety led to an increase in the height and above-ground mass of plants, the mass of roots with nodules, the amount and mass of nodules. This occurred against the background of an increase in auxins, zeatin in the roots with nodules, gibberellins in the stems. The most responsive to the treatment of Albit was the variety Multik. The treatment of seeds of this variety with Albit led to an increase in the height and above-ground mass of plants, the mass of roots with nodules, the number and mass of nodules against the background of an increase in auxins in leaves, stems and roots with nodules, zeatin in stems, gibberellins in leaves, abscisic acid in leaves, stems and roots with nodules. Growth rates correlated with those of the nitrogen-fixing activity of these plants.*

**Keywords:** peas, bioproducts, Rhizotorphine, Albit, phytohormones, nodule bacteria, Rhizobium, nitrogen-fixing activity, symbiosis.

**DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11083**

**УДК635.656:631.527:631.53**

## **РЕАЛИЗАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ОСОБЕННОСТИ СЕМЕНОВОДСТВА СОВРЕМЕННЫХ СОРТОВ ГОРОХА ПОСЕВНОГО**

**В.И. ЗОТИКОВ**, член-корреспондент РАН

**З.Р. ЦУКАНОВА, А.А. МОЛОШОНОК**, кандидаты сельскохозяйственных наук

**ФГБНУ «ФНЦ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»**

*В современных условиях развития сельскохозяйственного производства сортосмена и сортообновление являются эффективным направлением инновационного процесса и фактором интенсификации производства зерна. Концепция первичного семеноводства современных сортов гороха строится на принципиально новой генетической основе, базирующейся на особенностях сортов нового поколения.*

**Ключевые слова:** семеноводство, горох, сорт, элитные растения, питомники, схема.

Отрасль растениеводства всё в большей степени переходит на интенсивное производство зерна. Валовые сборы в последние пять лет достигают 100-130 млн. т пшеницы, ячменя, кукурузы, а также зернобобовых культур, в т.ч. гороха [1].