

*Вестник Тверского государственного технического университета, выпуск 32*

УДК 579.64

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ НА РАННИХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ ЛЬНА**

*Е.В. Ожимкова, И.В. Ущановский, В.В. Орлов, Р.Н. Тарасова*

Во всем мире постоянно увеличивается спрос на высококачественные продукты питания, а также на сырье для различных отраслей промышленности. Все это, в свою очередь, приводит к необходимости разработки и внедрения научно обоснованных приемов, которые позволят обеспечить не только улучшение плодородия почв, но и приведут к значительному увеличению количества и повышению качества современной сельскохозяйственной продукции. Важнейшая задача использования удобрений – регулирование круговорота питательных веществ для управления урожайностью растений и качеством сельскохозяйственной продукции путем создания оптимальных уровней всех факторов, участвующих в формировании урожая. Современное земледелие невозможно без теоретического обоснования и широкого практического использования законов, обуславливающих объективные процессы, которые происходят в природе и агрофитоценозах.

При рассмотрении влияния агрохимических средств на природную среду первостепенное значение имеет азот. Уровень азотного питания определяет размеры и интенсивность синтеза белка и других азотистых органических соединений в растениях и, следовательно, ростовые процессы. Недостаточное количество этого элемента негативно сказывается на процессе формирования урожая. Однако и высокая концентрация азота в почве удлиняет вегетационный период, негативно влияет на устойчивость к полеганию, масличность семян [1, 2]. Следовательно, актуальным является обоснованный подбор удобрений, обеспечивающих оптимальный уровень азотного питания для растений с минимальной экологической нагрузкой на природные ресурсы. Растения получают азот из двух основных источников. Первым источником является почва, из которой растения черпают азот (либо из минеральных компонентов почвы, либо из вносимых удобрений). Вторым основным источником азота для растений служит атмосфера, из которой азот может поступать посредством азотофиксации [3].

Почвенные микроорганизмы играют важную роль в трансформации питательных веществ и вносимых в почву удобрений. Микроорганизмы разлагают находящиеся в почве органические вещества и вносимые органические удобрения, в результате чего содержащиеся в них элементы питания переходят в усвояемую для растений форму. В связи с этим одна из важных задач земледелия – создание соответствующими приемами агротехники благоприятных условий для развития полезных азотфиксирующих микроорганизмов [1].

При описании особенностей системы удобрений льна культурного, как правило, отмечают достаточно высокие требования к концентрации доступных форм питательных веществ в почве в связи со слабым развитием корневой системы относительно других зерновых культур [2–5]. Для получения высоких урожаев необходимо в полном объеме обеспечить растения льна минеральными удобрениями с первых фаз вегетации, когда корневая система еще недостаточно развита, а

потребность растений в таких элементах высока [4]. Успешное управление уровнем азота для удобрения культуры является необходимым условием для повышения качества и количества урожая с минимальным воздействием на окружающую среду [3].

Внесение минеральных удобрений – один из самых простых способов повысить уровень содержания азота в почве, поэтому минеральные азотные удобрения довольно широко используются в сельском хозяйстве, т. к. позволяют значительно повысить урожайность. Но азотные удобрения могут быть опасны с экологической точки зрения из-за возможной их передозировки при внесении, а избыточный азот, в свою очередь, может накапливаться в выращиваемых овощах и фруктах в виде нитратов и нитритов, которые наносят урон здоровью потребителей.

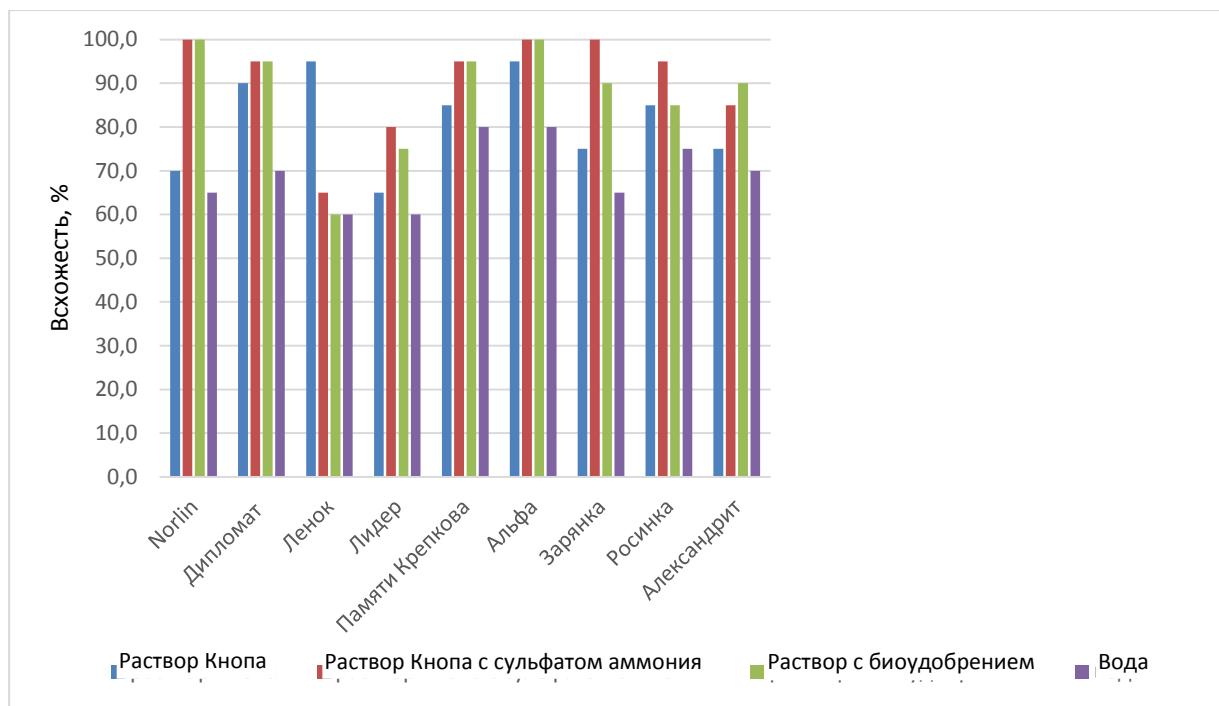
Кроме использования различных минеральных азотных удобрений, улучшить азотное питание сельскохозяйственных культур способны и азотфиксирующие микроорганизмы, которые, размещаясь в корневой зоне растений, при благоприятных условиях могут обеспечить до 45 % потребности растений в азоте. Примером таких азотфиксаторов являются микроорганизмы рода *Rhizobium*, свободноживущие бактерии – азотфиксаторы (*Azotobacter chroococum*, *Azotobacter agile*), ассоциативные азотфиксаторы (рода *Azospirillum*), а также *Pseudomonas brassicacearum*, *Clostridium pasteurianum*, *Paenibacillus polymyxa* [6–8]. Многочисленные экспериментальные работы свидетельствуют о важной роли азотфиксирующих микроорганизмов в азотном питании растений [9–11].

В представленной работе изучено влияние различных вариантов азотного питания на ранние этапы развития льна культурного. Для экспериментов семена льна, полученные в одинаковых условиях выращивания, предоставлены Государственным научным учреждением Всероссийским научно-исследовательским институтом механизации льноводства Российской Академии сельскохозяйственных наук.

Веgetационные опыты проводили на песчаных культурах при контролируемых условиях освещенности и влажности. Для экспериментов использовали кварцевый песок, химически чистые соли для приготовления питательных растворов Кнопа, а также коммерческое бактериальное удобрение, содержащее азотфиксирующие микроорганизмы. В экспериментах концентрация азота ( $\text{NO}_3^-$ ) в стандартном растворе Кнопа составила 154 мг/л, а в растворе Кнопа с сульфатом аммония концентрацию азота ( $\text{NH}_4^+$ ) увеличили на 14 мг/л.

Для экспериментов использовали чистый кварцевый песок с диаметром частиц менее 0,5 мм, просеивали его через сита с диаметром ячеек 0,5 мм. После просеивания песок промывали, просушивали в лабораторном сушильном шкафу и использовали для набивки сосудов. Для соблюдения одинаковых условий подобрали сосуды, близкие по высоте и объему. При правильной выполненной технике набивки уровень песка в сосуде должен быть на 2,5–2 см ниже верхнего края сосуда. Перед посевом семян выровняли и увлажнили поверхность песка. С помощью шаблона, обеспечивающего равномерное распределение семян по поверхности сосуда, и стеклянной палочки с пробкой сделали лунки глубиной 1,5–2 см. Семена в песчаной культуре проращивали при температуре  $22 \pm 0,5^\circ$ . На протяжении 7 дней ежедневно увлажняли верхний слой песка раствором соответствующего удобрения (водой для контрольного опыта).

Анализ результатов проведенных экспериментов позволяет сделать вывод о том, что для большинства исследованных сортов льна культурного наибольшая всхожесть получена при использовании раствора Кнопа с сульфатом аммония и биоудобрения, содержащего азотфиксирующие микроорганизмы (рисунок). Однако следует учитывать, что в случае использования биоудобрения минеральный азот в среду не вносился, следовательно, применение данного удобрения выгодно и с экологической, и экономической точек зрения.



Всхожесть сортов льна культурного в условиях различного азотного питания

На следующем этапе экспериментов определяли содержание белка в корневой и надземной частях побегов льна культурного. Анализ результатов проведенных экспериментов позволяет сделать вывод о том, что для большинства исследованных сортов льна культурного наибольшее накопление белка отмечено в надземной части растения при использовании биоудобрения, содержащего азотфиксирующие микроорганизмы.

Таким образом, в работе проведена аллелопатическая оценка семян льна культурного распространенных в Тверской области сортов (Norlin, Дипломат, Ленок, Альфа, Зарянка, Росинка, Памяти Крепкова, Лидер и Александрит). Изучено влияние различных вариантов азотного питания на ранние этапы онтогенеза льна культурного и на накопления белка в надземной и корневой частях *Linum usitatissimum*. Использование компонентов, обеспечивающих контролируемые условия азотного питания, во всех сериях экспериментов положительно влияло на рост растений, однако максимальное накопление белка отмечено при использовании биоудобрения, содержащего азотфиксирующие микроорганизмы.

### Библиографический список

1. Белоголовцев, В.П. Теория минерального питания: краткий курс лекций для аспирантов / В.П. Белоголовцев, Е.А. Нарушева. Саратов, 2014. 121 с.
2. Дридигер, В.К. Лен масленичный на ставрополье / В.К. Дридигер, А.Н. Есаулко, Г.Р. Дорожко. Ставрополь: Параграф, 2013. 148 с.
3. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition. Plant nutrition in a World of declining renewable resources / Carroll P. Vance // Plant physiology, 2001. № 127. P. 390–397.
4. Дьяков, А.Б. Физиология и экология льна / А.Б. Дьяков. Краснодар, 2006. 214 с.
5. Особенности азотного питания новых сортов льна-долгунца для задач точного земледелия / И.В. Ущуповский [и др.] // Агрехимический вестник. 2015. Т. 1. № 1. С. 22–24.

6. Stability of bioactives in flaxseed and flaxseed-fortified foods / Andrea L. Edel // Food Research International, 2015. P. 140–155.

7. Suman, A. Endophytic Microbes in Crops: Diversity and Beneficial Impact for Sustainable Agriculture / A. Suman, A.N. Yadav, P. Verma // Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity. 2016. P. 117–143.

8. Сидоренко, О.Д. Азотфиксирующие микроорганизмы затопляемых почв под рисом / О.Д. Сидоренко // Известия ТСХА. 2012. № 1. С. 181–184.

9. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture / Gabriele Berg // Appl Microbiol Biotechnol, 2009. P. 11–18.

10. Панова, Г.Г. Научно-технические основы круглогодичного ресурсосберегающего производства высококачественной растительной продукции / Г.Г. Панова, В.А. Драгавцев, Ю.И. Желтов, В.Л. Судаков, И.Н. Черноусов, Е.В. Канаш, О.А. Степанова, Л.М. Аникина, О.Р. Удалова, Д.В. Шибанов // Овощеводство. 2010. Т. 18. С. 408–414.

11. Дегтярева, И.А. Биологические подходы к повышению урожайности сельскохозяйственных культур / И.А. Дегтярева, И.А. Яппаров, А.Я. Хидиятуллина // Учебные записки казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2013. Т. 215. С. 181–184.