УДК 631.84:633.19

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ НУТА НА ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ

МИХАЙЛИЧЕНКО Егор Николаевич, *Донской государственный аграрный университет*
ПИМОНОВ Константин Игоревич, *Донской государственный аграрный университет*
ДАНИЛОВ Александр Никифорович, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*
ГУСАКОВА Наталия Николаевна, *Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова*

Изучено влияние различных доз минеральных удобрений и биопрепаратов на питательный режим почвы в зависимости от способов основной обработки почвы при возделывании нута. Опыты проведены на черноземе южном по общепринятым методикам. Показано, что аммофос значительно лучше воздействовал на пищевой режим чернозема южного, чем аммиачная селитра. Выявлено, что стартовая доза азота, внесенная одновременно с фосфором по различным способам основной обработки почвы, эффективно действовала на симбиоз нута с клубеньковыми бактериями. Лучшим способом основной обработки почвы под нут после озимой пшеницы является вспашка на глубину 0,25–0,27 м. Наибольшая урожайность нута (1,70 т/га) была получена при сочетании следующих элементов: посев после вспашки, на фоне экстрасола, инокуляция семян ризоторфином и припосевное внесение аммофоса в дозе N12P50. Прибавка к контролю составила 0,61 т/га (56,0 %). Эффективно внесение азотно-фосфорного удобрения на фоне обработки семян экстрасолом в дозе N12P50, урожайность была больше контроля на 0,41 т/га (37,6 %). На вариантах опыта, где ризоторфин не использовался, клубеньковые бактерии не образовывались. Аммофос способствовал накоплению фосфатов, к фазе плодообразования в почве содержалось 19,7–19,8 мг/кг фосфорной кислоты. В условиях северо-западной зоны Ростовской области система удобрения со стартовой дозой азота N12 совместно с фосфором P50 при посеве низкозатратна, не оказывает отрицательного воздействия на свойства и состав чернозема южного и не способствует загрязнению природной среды.

Введение. В Ростовской области по ряду причин сдерживается введение в севооборот такой важной зернобобовой культуры, как нут. За 2009–2010 гг. среднегодовой объем валового сбора зерна нута составил 6,82 тыс. т при средней посевной площади 8,245 тыс. га [10]. По статистическим данным Министерства сельского хозяйства Ростовской области, в 2016 г. нут был посеян на площади 26,31 тыс. га, а убран с площади 23,80 тыс. га. Разница между посеянной площадью и убранной (2,51 тыс. га) связана с нарушениями технологического процесса возделывания нута. Основными его элементами являются правильный выбор предшественника, борьба с сорно-полевой растительностью, защита посевов от вредителей и болезней, научно обоснованная система удобрения. В конечном итоге несоблюдение в большинстве хозяйств технологии возделывания привело к получению очень низкой урожайности зерна нута с убираемой площади – 0,79 т/га.

Современная технология возделывания нута включает в себя ряд дорогостоящих элементов. К ним относятся приобретение семенного материала, который производится в основном за пределами Ростовской области; доставка ризоторфина и обработка инокулянтами для создания симбиотической азотфиксации и использования биологического азота; приобретение дорогостоящих почвенных гербицидов, без которых урожайность снижается вдвое; организация защитных мероприятий от распространенных болезней – аскохитоза и фузариоза, которые требуют определенных навыков и соответствующего оборудования; защита посевов от вредителей (нутовой мухи, акациевой огневки, клубенькового долгоносика и хлопковой совки), которые в совокупности могут на 2/3 уничтожить урожай зерна. Чтобы убрать урожай культуры в сжатые сроки с минимальными потерями, необходимо иметь современную уборочную технику [2, 9, 12].

Существенное влияние на урожайность и себестоимость продукции оказывает способ обработки почвы. Однако нет информации о том, какой способ основной обработки почвы для возделывания нута на черноземе южном является наиболее рентабельным.

В Ростовской области с 2000 г. ученые Донского государственного аграрного университета вели исследования по разработке системы удобрения нута, но опыты закладывали на черноземе обыкновенном. Изучены оптимальные дозы, сроки и способы внесения минеральных удобрений и биопрепаратов [2, 3, 9, 11]. Однако система удобрения для нута на черноземе южном в условиях Ростовской области отсутствует.

Цель наших исследований – подбор видов минеральных удобрений в сочетании с биопрепаратами на фоне способа основной обработки почвы.

Методика исследований. Опыты проводили в 2013–2015 гг. в условиях КХ «Станичник» Каменского района, расположенного в северо-западной зоне Ростовской области на черноземе южном. Нут (сорт Вектор селекции Краснокутской СОС НИИСХ Юго-Востока) [5] высевали рядовым способом после различных способов основной обработки почвы: вспашка на 0,25–0,27 м (плугом ПЛН-3-35 УП), глубокорыхление на 0,32–0,35 м (орудием РН-4), дискование на 0,14–0,16 м (комплексным агрегатом КА-3,6). Норма высева – 0,6 млн всхожих семян на 1 га.

Минеральные удобрения (аммиачная селитра – N34, аммофос N12P50) вносили сеялкой СЗ-3,6 при посеве через туковысевающий аппарат. Перед посевом все семена нута обрабатывали экстрасолом (1,0 л/т), для профилактики от грибных заболеваний (аскохитоза и фузариоза). В схему опыта были включены варианты с одновременной обработкой семян экстрасолом и инокуляцией ризоторфином (штамм 065), которая осуществлялась в день посева; доза инокулянта – 350 г/га [7, 11].

Почва опытного участка – чернозем южный слабощебенчатый слабосолонцеватый среднемощный среднесмытый слабогумусированный среднесуглинистый. Почвообразующие и подстилающие породы представлены желто-бурыми средними суглинками, подстилаемыми песчаниками. Мощность гумусовых горизонтов А+В от 40 до 60 см, что характерно для среднемощного рода. Для этого типа почв характерно резкое падение содержания гумуса вниз по профилю. Реакция почвенного раствора в верхних горизонтах – 7,3; в нижних – 7,6 [1] .

Анализ почвы, проведенный перед посевом нута, показал, что содержание обменного калия в пахотном горизонте было высоким и очень высоким (рис. 1). Весной после вспашки в слоях почвы 0–0,20 и 0,20–0,40 м в среднем за три года исследований содержалось 587 и 512 мг/кг обменного калия соответственно. После глубокого рыхления содержание обменного калия было наибольшим: в слое 0–0,20 м – 631 мг/кг, а в слое 0,20–0,40 м – 597 мг/кг. На вариантах с дискованием было также отмечено высокое содержание обменного калия в слое почвы 0–0,20 м – 592 мг/кг, а в слое 0,20–0,40 м – повышенное – 471 мг/кг. Это связано с тем, что в восьмипольном севообороте в хозяйстве систематически вносится подстилочный навоз в дозе 35 т/га. В связи с этим калийные удобрения в опытах нами не вносились.

Климат района проведения опытов – континентальный, с неустойчивым увлажнением. По данным Каменской метеостанции, среднемноголетнее количество осадков составляет 414 мм, за весенне-летний период в среднем выпадает 200 мм. Среднегодовая температура равняется 8,2 °С; сумма активных температур – 2200...3200 °С, ГТК – 0,7–0,8, относительная влажность воздуха – 70 %. Безморозный период составляет 160–175 дней [4].

Перед закладкой опыта и в основные фазы вегетации нута проводили отбор проб почвы для определения исходного запаса питательных веществ (NPK) и динамики нитратного азота и доступного фосфора в пяти точках по двум диагоналям опыта из слоев 0–0,2 и 0,2–0,4 м (ГОСТ 28168–89); общие требования к проведению анализов – ГОСТ 29269–91. Нитратный азот в почве определяли по

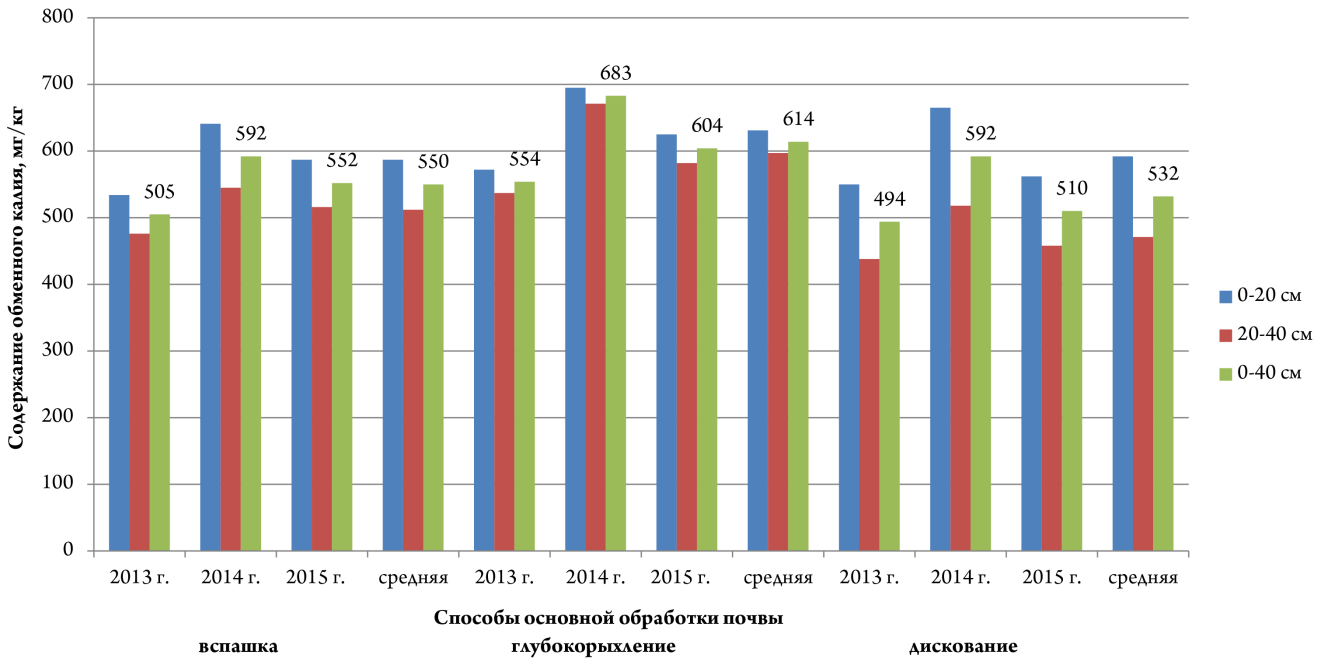

Рис. 1. Содержание обменного калия в почве перед посевом нута (в среднем за 2013–2015 гг.), мг/кг

методу Замятиной (ГОСТ 26951–86); подвижный фосфор и обменный калий в почве – по методу Мачигина (ГОСТ 26205–91).

В качестве стандарта (в соответствии с рекомендациями ДЗНИИСХ) высевали нут после вспашки без применения минеральных удобрений и ризоторфина [6]. Предшественником являлась озимая пшеница. Повторность опыта трехкратная. Общая площадь делянки 28 м^2, а учетная – 16 м^2 (4×4 м). Уборку нута проводили путем обмолота снопов, отобранных с площадок 0,25 м^2 в 4 местах по диагонали каждой делянки. Структурный анализ растений проводили согласно методическим указаниям [8]. Математическую обработку данных выполняли в программе STATISTICA 6.0 и в приложении Microsoft Office Excel.

Результаты исследований. В годы проведения исследований погодные условия существенно отличались от среднемноголетних данных. В 2013 г. нут выращивали при высоких температурах и дефиците влаги. В сумме за сельскохозяйственный год выпало 482,7 мм осадков, что больше среднемноголетнего показателя на 58,7 мм. Однако за период вегетации нута (с апреля по август) выпало всего 129,6 мм, что меньше среднемноголетнего показателя на 76,4 мм.

Жаркими и влажными были 2014 и 2015 гг. В 2014 г. за год выпало 568,1 мм, а в 2015 г. – 480,7 мм, что соответственно больше среднемноголетних данных на 154,1 и 66,7 мм. С апреля по август в 2014 г. выпало 229,6 мм, а в 2015 г. – 267,4 мм, что соответственно больше среднемноголетнего показателя на 23,6 и 61,4 мм. При этом температура воздуха в годы исследований была значительно выше среднемноголетнего показателя. В 2013 г. среднемесячная температура воздуха была выше на 5,8 °С, в 2014 г. – на 5,7 °С, а в 2015 г. – на 4,5 °С. Причем во время вегетации нута в июле температура достигала 35,2 °С, иногда и выше. Среднемесячная относительная влажность воздуха в годы исследований составила 54–57 %, что меньше среднемноголетней на 13–16 %. Во все годы исследований во время вегетации нута отмечались длительные засушливые периоды от 24 до 28 дней. Большое различие погодных условий в годы проведения исследований, типичное для черноземной зоны Среднего Дона, позволило выдержать в опытах изучаемую технологию с низкозатратной системой удобрений и исключило случайности в оценке результатов работы.

Количество нитратного азота к моменту посева в слое 0–0,40 м составляло 8,9–12,4, мг/кг почвы (рис. 2). Больше всего нитратного азота содержалось на вариантах со вспашкой. Вероятно, динамика азота напрямую зависит от накопления влаги в пахотном слое почвы. Выявлено, что азотно-фосфорное удобрение, внесенное совместно с ризоторфином, способствует повышению нитратов в почве. В среднем за годы исследований количество нитратов возросло в зависимости от проведения основной обработки почвы по сравнению с контролем незначительно, на 1,0–3,4 мг/кг. Применение аммофоса без клубеньковых бактерий незначительно активизирует процессы нитрификации в почве. Инокуляция семян перед посевом положительно отразилась на увеличении нитратов в почве, за счет оптимизации азотного питания растений в результате симбиотической азотфиксации.

Совместное внесение аммофоса с ризоторфином оказывало положительное влияние на

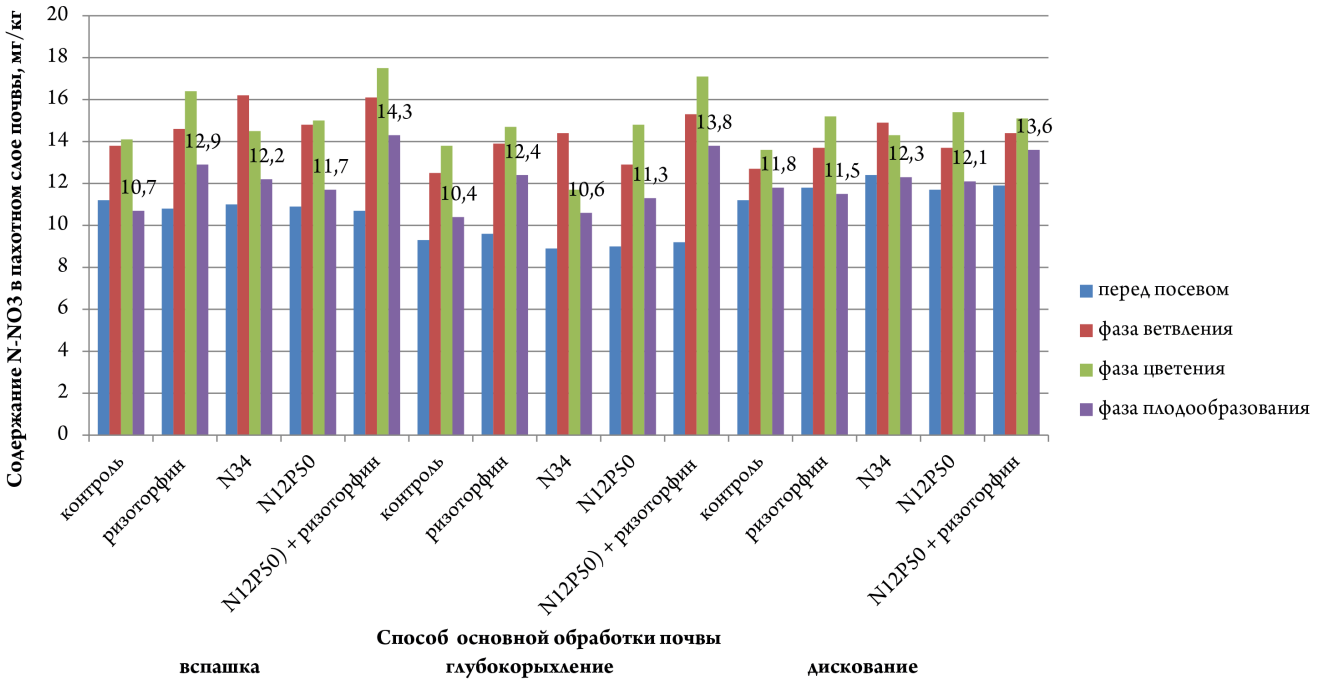

Рис. 2. Динамика нитратного азота в почве под нутом в слое 0–0,40 м (в среднем за 2013–2015 гг.), мг/кг

деятельность клубеньковых бактерий. Следует отметить, что активные клубеньковые бактерии образовывались на корнях нута лишь на вариантах с инокуляцией семян. На вариантах, где ризоторфин не использовался, клубеньковые бактерии не образовывались. Этот вывод подтверждает ранее проведенные исследования по выращиванию нута с применением ризоторфина на черноземе обыкновенном [2, 3, 11].

При всех изучаемых способах основной обработки почвы на вариантах с внесением ризоторфина образовывались клубеньки с наличием красящего пигмента гемоглобина в тканях. Это привело к изменению окраски листьев растений нута с бледно-зеленого до темно-зеленого, кроме того, растения были выше контроля на 8–18 см. На вариантах с дискованием наблюдалось низкое содержание нитратного азота в пахотном слое. При выпадении обильных осадков почва сильно уплотнялась, что препятствовало проникновению воздуха, следовательно, симбиозу и процессам нитрификации.

Перед посевом содержание подвижных фосфатов в слое почвы 0–0,40 м при вспашке и глубокорыхлении было одинаковым, от 19,0 до 19,4 мг/кг (рис. 3). Дискование почвы привело к незначительному уменьшению фосфатного уровня до 18,2–18,5 мг/кг. Наибольшее количество фосфорной кислоты наблюдалось в период ветвления и цветения нута на вариантах с внесением аммофоса. Растения удовлетворяли потребность в макроэлементе за счет естественного плодородия почвы и фосфора минеральных удобрений. Уменьшение подвижных фосфатов в почве к фазе плодообразования связано с потреблением их в процессе вегетации растениями нута, а также со снижением влажности почвы (это способствовало замедлению их образования). Азотно-фосфорные удобрения, внесенные как отдельно, так и с ризоторфином, при проведении глубокорыхления способствовали накоплению фосфатов в почве. К фазе плодообразования в почве содержалось 19,7–19,8 мг/кг подвижных фосфатов. В фазу плодообразования нута на вариантах с дискованием и внесением аммофоса отмечалось, как и после вспашки, среднее содержание подвижных фосфатов (18,7–18,9 мг/кг).

Способы обработки почвы, минеральные удобрения и биопрепараты оказывали положительное влияние на урожайность культуры. Опытным путем установлено, что наибольший урожай зерна нута получен при вспашке в качестве основной обработки почвы. На контрольном варианте урожайность зерна в среднем за 3 года составила 1,09 т/га (см. таблицу, рис. 4). При использовании глубокорыхления на варианте без применения минеральных удобрений и биопрепаратов урожайность была меньше на 0,16 т/га, а при дискование – на 0,18 т/га. Наибольшая урожайность нута (1,70 т/га) была получена при сочетании следующих факторов: посев после вспашки, на фоне экстрасола, инокуляции семян ризоторфином и при посеве с внесением аммофоса в дозе N12P50. Прибавка к контролю составила 0,61 т/га (56,0 %). Другие изучаемые варианты были менее продуктивны. Закономерности, выявленные при изучении влияния вспашки на урожайность зерна нута, сохраняются и при использовании в качестве основной обработки глубокорыхления и дискования, но они менее выражены. Предложенная основ-

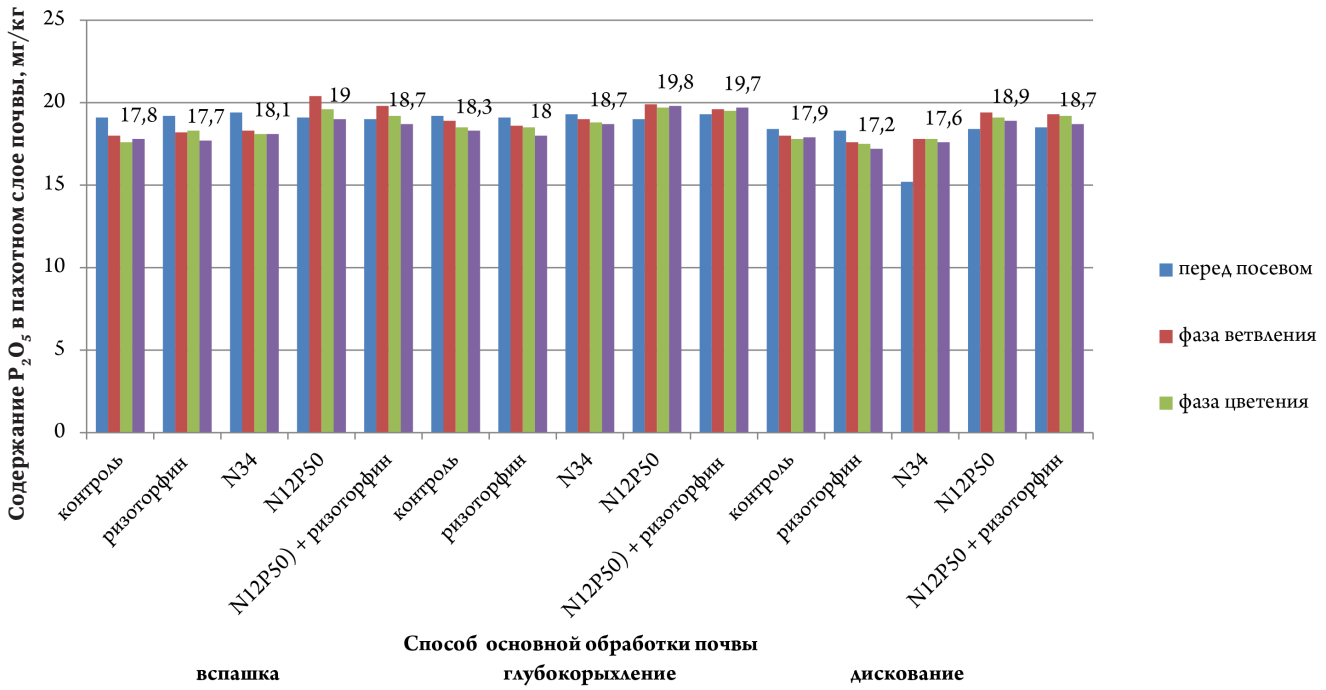

Рис. 3. Динамика доступного фосфора в почве под нутом в слое 0–0,40 м (в среднем за 2013–2015 гг.), мг/кг

Влияние минеральных удобрений, биопрепаратов и способов обработки почвы на урожайность нута (в среднем за 2013–2015 гг.)

Вариант (фактор А)	Урожайность, т/га				Прибавка к контролю	
	2013	2014	2015	средняя	т/га	%
Вспашка на 0,25–0,27 м (фактор В)						
Без удобрений и ризоторфина (контроль)	1,08	0,95	1,24	1,09	–	–
Ризоторфин (штамм 065)	1,28	1,41	1,48	1,39	0,30	27,5
Аммиачная селитра N34	1,19	1,23	1,36	1,26	0,17	15,6
Аммофос N12P50	1,18	1,67	1,66	1,50	0,41	37,6
Аммофос (N12P50) + ризоторфин (штамм 065)	1,44	1,79	1,87	1,70	0,61	56,0
Глубокорыхление на 0,32–0,35 м (фактор В)						
Без удобрений и ризоторфина (контроль)	0,77	0,89	1,13	0,93	–	–
Ризоторфин (штамм 065)	0,97	1,11	1,46	1,18	0,25	26,9
Аммиачная селитра N34	0,89	1,02	1,21	1,04	0,11	11,8
Аммофос N12P50	1,16	0,98	1,37	1,17	0,24	25,8
Аммофос (N12P50) + ризоторфин (штамм 065)	1,29	1,43	1,53	1,42	0,49	52,7
Дискование на 0,14–0,16 м (фактор В)						
Без удобрений и ризоторфина (контроль)	0,78	0,84	1,12	0,91	–	–
Ризоторфин штамм 065	0,93	1,08	1,50	1,17	0,26	28,6
Аммиачная селитра N34	0,81	0,92	1,25	0,99	0,08	8,79
Аммофос N12P50	0,96	1,16	1,44	1,19	0,28	30,8
Аммофос (N12P50) + ризоторфин (штамм 065)	1,12	1,25	1,59	1,32	0,41	45,1
$НСР_{05}$ для фактора А	0,06	0,08	0,10	–	–	–
$НСР_{05}$ для фактора В	0,07	0,09	0,11	–	–	–
$НСР_{05}$ для взаимодействия факторов АВ	0,09	0,11	0,12	–	–	–

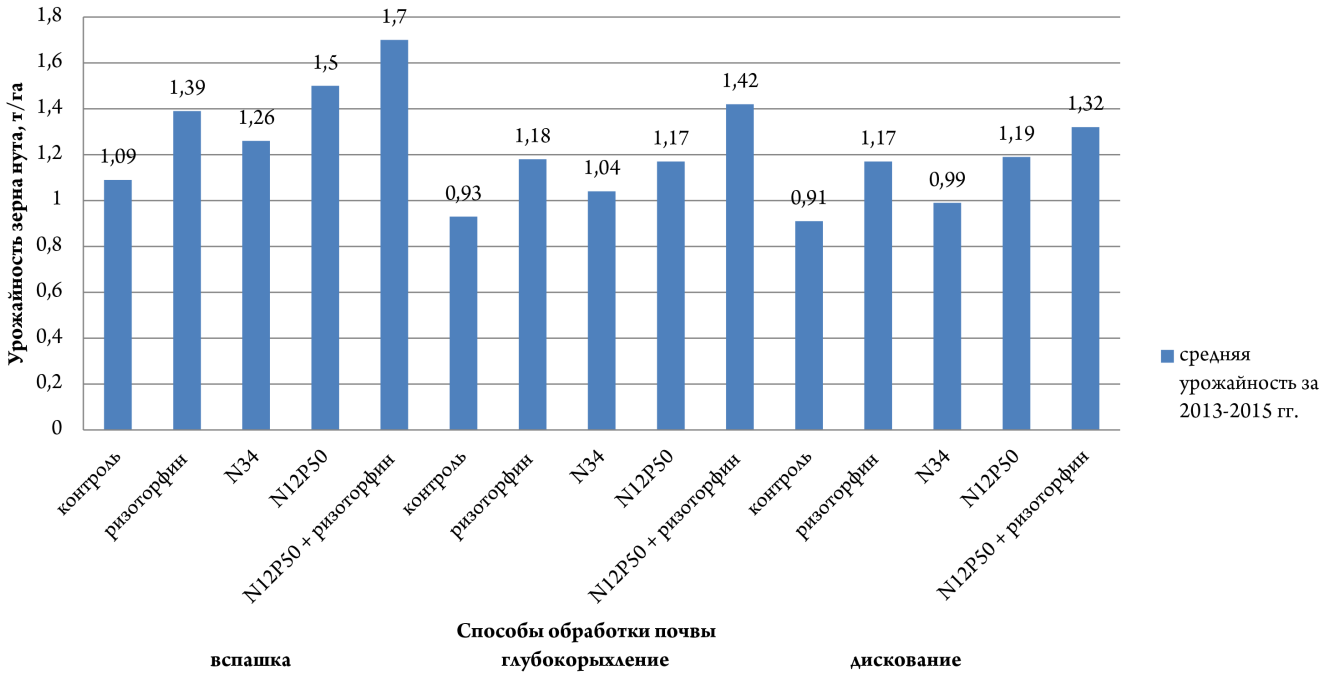

Рис. 4. Влияние удобрений, биопрепаратов и способов обработки почвы на урожайность нута (в среднем за 2013–2015 гг.), т/га

ная обработка почвы и система удобрений для нута на черноземе южном не оказывала отрицательного влияния на состав, свойства и режим почвы.

Заключение. При возделывании нута на черноземе южном в условиях северо-западной зоны Ростовской области лучшим способом основной обработки почвы после озимой пшеницы является вспашка на глубину 0,25–0,27 м. При высоком содержании обменного калия в пахотном слое почвы наибольшая урожайность нута (1,70 т/га) была получена при посеве после вспашки, на фоне экстрасола, инокуляции семян ризотор-

фином (штамм 065) и припосевном внесении аммофоса в дозе N12P50. Прибавка к контролю составила 0,61 т/га (56,0 %). Эффективно внесение на фоне обработки семян экстрасолом азотно-фосфорного удобрения в дозе N12P50 без ризоторфина; урожайность превысила контроль на 0,41 т/га, или 37,6 %. На вариантах опыта, где ризоторфин не использовался, клубеньковые бактерии не образовывались по причине отсутствия активных аборигенных штаммов в почве, специфичных для симбиоза с растениями нута.

Применение разработанной системы удобрений позволит увеличить сбор зерна нута не только за счет увеличения площадей (экстенсивный путь), но и повышения урожайности (интенсивный путь).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агафонов Е.В., Полуэктов Е.В.* Почвы и удобрения в Ростовской области: учеб. пособие. – 2-е изд., доп. – пос. Персиановский, 1999. – 90 с.

2. *Агафонов Е.В., Пимонов К.И., Пугач Е.И.* Повышение урожайности и сбора белка при возделывании нута в Ростовской области // Кормопроизводство. – 2010. – № 6. – С. 25–28.

3. *Агафонов Е.В., Пугач Е.И., Пимонов К.И.* Удобрение нута. – пос. Персиановский, 2009. – 145 с.

4. Агроклиматические ресурсы Ростовской области. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 251 с.

5. Г*ерманцева Н.И., Селезнева Т.И.* Новые сорта нута и технология их возделывания // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2014. – № 2 (10) – С. 70–75.

6. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013–2020 годы / под общ. ред. В.Н. Василенко. – Ростов н/Д., 2013. – Ч. I. – 240 с.

7. *Лактионов Ю.В.* Землеудобрительные биопрепараты для широкого спектра сельскохозяйственных растений // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2009. – № 16. – С. 52–57.

8. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. – М., 1987. – 198 с.

9. *Пимонов К.И., Козлов А.В.* Вайда красильная и нут – предшественники озимой пшеницы на черноземе обыкновенном // Земледелие. – 2012. – № 1. – С. 31.

10. *Пимонов К.И., Ионов Д.Ф.* Динамика производства высокобелкового зерна в Донском регионе // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3(17.1). – С. 40–46.

11. *Пимонов К.И., Рыльщиков Е.И.* Продуктивность сортов нута при использовании бактериальных удобрений в Ростовской области // Кормопроизводство. – 2012. – № 1. – С. 26–27.

12. *Тютюма Н.В., Бондаренко А.Н., Солодовников А.П.* Сравнительная оценка применения биопрепаратов и ростостимуляторов при возделывании нута в условиях Астраханской области // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 5. – С. 51–53.

Михайличенко Егор Николаевич, *аспирант кафедры «Агрохимия и садоводство», Донской государственный аграрный университет. Россия.*

Пимонов Константин Игоревич, *д-р с.-х. наук, проф., зав. кафедрой «Растениеводство и экология», Донской государственный аграрный университет. Россия.*

346493, Ростовская область, Октябрьский (с) р-н, пос. Персиановский.

Тел.: (8929) 820-34-25.

Данилов Александр Никифорович, *д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.*

Гусакова Наталия Николаевна, *д-р хим. наук, проф. кафедры «Ботаника, химия и экология», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.*

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.

Тел.: (8452) 26-16-28.

Ключевые слова: *минеральные удобрения; обработка почвы; вспашка; глубокорыхление; дискование; нут; экстрасол; ризоторфин; урожайность.*

THE INFLUENCE OF MINERAL FERTILIZERS, BIOLOGICAL PRODUCTS ON THE YIELD OF CHICKPEA ON SOUTHERN CHERNOZEM

Mikhailichenko Egor Nikolaevich, *Post-graduate student of the chair "Agrochemistry and Gardening", Don State Agrarian University. Russia.*

Pimonov Konstantin Igorevich, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the chai "Crop Production and Ecology", Don State Agrarian University. Russia.*

Danilov Aleksandr Nikiforovich, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair "Agriculture, Irrigation and Agricultural Chemistry", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.*

Gusakova Natalia Nikolaevna, *Doctor of Chemical Sciences, Professor of the chair «Botany, Chemistry and Ecology», Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.*

Keywords: *mineral fertilizers; tillage; plowing; disking; subsoiling; chickpeas; ekstrasol; rhizotorphin; yield.*

Influence of different doses of mineral fertilizers and biological products on the nutrient status of the soil depending on the basic soil cultivation methods during chickpeas cultivation is studied. Experiments were carried out on southern chernozem according to the generally accepted methods. It is shown, that application of monoammonium phosphate had a significant advantage in improving nutrient status of the southern chernozem front of the ammonium nitrate. It was revealed that the starting dose of nitrogen applicated with phosphorus during various types of the main tillage, influences on the symbiosis of chickpeas with nodule bacteria. The best way of basic soil cultivation for nut, after spring wheat is plowing to a depth of 25–27 cm. The highest yield of chickpea (1.70 t/ha) was when combined: seeding after ploughing during application of ekstrasol, seed inoculation with rizotorfin and starter treatment with monoammonium phosphate in a dose of N12P50. To gain control was 0.61 t/ha or 56.0%. Application of nitrogen-phosphoric fertilizers during seed treatment with ekstrasol in a dose of N12P50 is effective, productivity was more than in control by 0.41 t/ha or 37.6%. In the options of experience where risotorphine was not applicated, tubercle bacteria were not formed. Ammophos contributed to the accumulation of phosphates, in the phase of seed formation there were 19.7–19.8 mg/kg of phosphoric acid in the soil. In the north-west zone of the Rostov region a system of fertilizer with a nitrogen starting dose of N12 together with phosphorus P_{50} during sowing is low-cost, has not negative effect on properties and composition of southern chernozem and does not contribute to pollution of the natural environment.