

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 635.65:631.586

doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-2-123-141

Влияние элементов технологии возделывания на урожайность зернобобовых культур в богарных условиях Ростовской области

Николай Николаевич Вошедский, Владимир Анатольевич Кулыгин

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Рассвет, Российская Федерация,
dzni-szr@mail.ru

Аннотация. Цель: установить оптимальные нормы высева, влияние уровня минерального питания на урожайность и водопотребление зернобобовых культур в богарных условиях Ростовской области. **Материалы и методы.** Исследования Федерального Ростовского аграрного научного центра проведены в 2018–2019 гг. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный среднесиловый легкосуглинистый на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое 4,0–4,2 %, общего азота 0,22–0,25 %, подвижного фосфора 39 мг/кг, калия 545 мг/кг. Реакция раствора (рН) 7,1–7,3. Плотность почвы в слое 0,3 м 1,27 г/см³. Использовались сорта нута Донплаза, чечевицы Донская, гороха Сотник. Изучались: фактор А: нормы высева (млн шт./га) нута: 0,6 (контроль); 0,8; 1,0; чечевицы: 1,4; 1,8; 2,2; гороха: 0,8 (контроль); 1,0; 1,2; фактор В: уровни удобрений для всех культур (высокий N₃₀P₈₀K₈₀, средний N₁₅P₄₀K₄₀, контроль без удобрений). При проведении полевого опыта использовали общепринятые методики (Б. А. Доспехов, 1985, А. Ф. Вадюнина, 1986). **Результаты.** Повышение нормы высева нута с 0,6 до 1,0 млн шт./га независимо от нормы удобрений увеличивало урожайность на 23,5 %. Аналогичное увеличение посевных норм чечевицы с 1,4 до 2,2 млн шт./га и гороха с 0,8 до 1,2 млн шт./га давало прибавку соответственно 27,8 и 28,9 %. При этом на чечевице разница в урожайности при нормах высева 1,8 и 2,2 млн шт./га не превысила 0,05 т/га. Средний уровень питания N₁₅P₄₀K₄₀, независимо от нормы высева, повышал урожайность нута на 20,0 %, чечевицы на 25,0 %, гороха на 17,5 %. Высокий уровень удобрений N₃₀P₈₀K₈₀ обеспечивал аналогичную прибавку на нуте 36,1 %, чечевице 36,6 %, горохе 39,9 %. Наибольшая окупаемость удобрений прибавкой урожая на фоне N₁₅P₄₀K₄₀ отмечена у нута (3,26 кг/кг) и чечевицы (2,0 кг/кг), на фоне N₃₀P₈₀K₈₀ у гороха (1,95 кг/кг). **Выводы.** Лучшие средние показатели урожайности зернобобовых отмечены при высоких уровнях питания и плотности посева: у нута 2,29 т/га, чечевицы 1,68 т/га, гороха 1,59 т/га.

Ключевые слова: нут, чечевица, горох, урожайность, удобрения, норма высева, водопотребление

Для цитирования: Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность зернобобовых культур в богарных условиях Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12, № 2. С. 123–141. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-123-141>.

GENERAL AGRICULTURE AND CROP PRODUCTION

Original article

The influence of cultivation technology elements on the leguminous crop yield under rainfed conditions in Rostov region

Nikolay N. Voshedskiy, Vladimir A. Kulygin

Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rassvet, Russian Federation, dzni-szr@mail.ru

Abstract. Purpose: to define the optimal seeding rates, the mineral status influence on the yield and water consumption of leguminous crops in rainfed conditions in Rostov region. **Materials and methods.** Research of the Federal Rostov Agricultural Research Centre was carried out in 2018–2019. The soil of the experimental plot was calcareous, medium, light loamy ordinary chernozem on loess-like loam. The humus content in the arable layer is 4.0–4.2 %, total nitrogen is 0.22–0.25 %, mobile phosphorus is 39 mg/kg, potassium is 545 mg/kg. Solution reaction (pH) is 7.1–7.3. Soil density in the 0.3 m layer is 1.27 g/cm³. Chickpeas Donplaza, lentils Donskaya, peas Sotnik varieties were used. The following factors were studied: factor A: seeding rates (million units/ha) of chickpeas: 0.6 (control); 0.8; 1.0; lentils: 1.4; 1.8; 2.2; pea: 0.8 (control); 1.0; 1.2; factor B: fertilizer levels for all crops (high N₃₀P₈₀K₈₀, medium N₁₅P₄₀K₄₀, control without fertilizer). When conducting a field experiment, generally accepted methods were used (Dospekhov B.A., 1985, Vadyunina A.F., 1986). **Results.** Increasing the chickpea seeding rate from 0.6 to 1.0 million units/ha, regardless of the fertilizer application rate, increased the yield by 23.5 %. A similar increase in the lentil seeding rates from 1.4 to 2.2 million units/ha and peas from 0.8 to 1.2 million units/ha gave an increase of 27.8 and 28.9 %, respectively. At the same time, the difference in lentil yield at seeding rates of 1.8 and 2.2 million units/ha did not exceed 0.05 t/ha. The average level of nutrition N₁₅P₄₀K₄₀, regardless of the seeding rate, increased the yield of chickpeas by 20.0 %, lentils by 25.0 %, and peas by 17.5 %. A high level of N₃₀P₈₀K₈₀ fertilizers provided a similar increase in chickpeas by 36.1 %, lentils 36.6 %, peas 39.9 %. The highest payback of fertilizers by yield increase against the background of N₁₅P₄₀K₄₀ was observed in chickpeas (3.26 kg/kg) and lentils (2.0 kg/kg), against the background of N₃₀P₈₀K₈₀ in peas (1.95 kg/kg). **Conclusion.** The best average yields of legumes were noted at high levels of nutrition and seeding density: 2.29 t/ha for chickpeas, 1.68 t/ha for lentils, and 1.59 t/ha for peas.

Keywords: chickpeas, lentils, peas, productivity, fertilizers, seeding rate, water consumption

For citation: Voshedskiy N. N., Kulygin V. A. The influence of cultivation technology elements on the leguminous crop cultivation under rainfed conditions in Rostov region. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2022;12(2):123–141. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2022-12-2-123-141>.

Введение. В настоящее время в агроценозах юга России возрастает роль зернобобовых культур (гороха, нута, чечевицы и др.), что обусловлено возможностью их многопланового использования. Зерно данной группы культур обладает высоким содержанием белков, жиров, углеводов, разнообразных витаминов, высокой питательной ценностью. Так, содержание белка в семенах чечевицы достигает 33 %, гороха – 28 %, нута – 27 % (что в 2–3 раза превышает его содержание в злаковых) и делает названные культуры ценным сырьем для производства важных продуктов питания [1–4]. Зернобобовые хорошо востребованы в продовольственных

целях, находят широкое применение в пищевой промышленности. Из семян этих культур производят крупы, муку, консервы, колбасы, супы, столовые блюда, шоколад, белковые препараты и другие продукты, которые являются важным фактором в обеспечении полноценного питания. Зернобобовые отличаются высокими лечебными свойствами, используются в фармацевтической отрасли при производстве лекарственных препаратов, а также в народной медицине. Данная группа культур востребована в животноводстве, где используется в качестве фуража, зеленого корма, силоса, сена, сенажа, является незаменимым сырьем для комбикормовой промышленности [1, 2, 5].

Обладая уникальной азотфиксирующей способностью при благоприятных условиях аккумулировать из атмосферы в почву органические и минеральные вещества, зернобобовые способны вырабатывать до 80–150 кг/га биологического азота. Для большинства сельскохозяйственных культур зернобобовые зарекомендовали себя хорошими предшественниками. Они оказывают стимулирующее воздействие на сохранение и улучшение почвенного плодородия, подъем культуры земледелия, производство экологически чистой продукции. Например, чечевица имеет уникальное свойство не накапливать в массе своих растений вредных веществ, благодаря этому ее зерно считается полностью экологически чистым продуктом питания. Данная культура обладает хорошо развитой корневой системой, проникающей на глубину до метра, способна разлагать фосфаты почвы, что недоступно большинству других растений. Редкой способностью самостоятельно извлекать фосфор из труднодоступных для других культур почвенных соединений обладает и горох [1, 2, 5]. Все это обуславливает высокую востребованность, широкий и стабильный спрос на продукцию данной группы культур в современных рыночных реалиях [2, 6, 7].

Однако в настоящее время фактическая урожайность ряда зернобобовых культур (нут, чечевица, горох и др.), возделываемых на юге России, не соответствует их реальному потенциалу. Это, в частности, отражают ста-

тистические данные 2019 г. по Ростовской области, где средняя урожайность гороха не превысила 1,28 т/га (с площади 134,7 тыс. га), нута – 0,67 т/га (с площади 74,1 тыс. га), чечевицы – 0,68 т/га (с площади 1,1 тыс. га). Но, как показывает опыт хозяйств, использующих достижения современной науки, получение высоких и стабильных урожаев зернобобовых культур в условиях юга России реально [8–10].

Одним из главных факторов, препятствующих получению высоких, устойчивых урожаев зернобобовых культур на юге России, является дефицит почвенной влаги в критические периоды их водопотребления [5, 11, 12]. Известно, что большинство зернобобовых по своим биологическим характеристикам являются культурами умеренного климата и для их успешной адаптации к выращиванию в зоне недостаточного увлажнения необходим комплекс современных агротехнических приемов [1, 5, 7]. Однако в настоящее время отмечается недостаточная разработанность элементов технологий возделывания зернобобовых с учетом их привязки к конкретным почвенно-климатическим условиям и биологическим особенностям применяемых сортов. В серьезном повышении эффективности нуждается система защиты растений данной группы культур, особенно нута, чечевицы. Негативную роль играет не всегда благоприятная для сельхозпроизводителей конъюнктура цен на зерно, неустойчивость рынков сбыта, дефицит перерабатывающих мощностей. Сохраняется дефицит урожайных отечественных сортов, адаптивных к местным условиям. Не в полной мере изучены особенности водопотребления зернобобовых культур при устойчивом усилении засух.

Нарастающие в последние десятилетия показатели усиливающейся аридности климата, существенного повышения суммы активных температур воздуха, частого дефицита атмосферных осадков фактически значительно отличаются от среднеголетних данных. Обусловленные этими негативными явлениями часто повторяющиеся стрессовые условия произ-

растания сельскохозяйственных культур на богаре отрицательно влияют на их урожайность [13–15]. При этом известно, что ряд зернобобовых (нут, чечевица) обладают потенциально высокой засухоустойчивостью и в перспективе могут существенно усовершенствовать современную систему севооборотов в зоне недостаточного увлажнения [2, 5, 7]. Например, такая культура, как нут, способна в севооборотах стать альтернативой парам, применение которых в реалиях современного рынка становится для многих аграриев низкорентабельным мероприятием. Горох, будучи предшественником озимой пшеницы, по сбережению влаги занимает промежуточное место между чистым паром и пропашными, что в условиях усиления аридности климата повышает его роль в севообороте [1, 5, 16].

Исходя из вышесказанного, исследования ФГБНУ ФРАНЦ в 2018–2019 гг. были посвящены оптимизации основных элементов технологии возделывания, выявлению особенностей водопотребления новых, перспективных сортов нута, чечевицы и гороха.

Цель исследований – установить оптимальные нормы высева, влияние уровня минерального питания на урожайность и водопотребление зернобобовых культур в богарных условиях в Ростовской области.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытном стационаре агрохимии в 2018–2019 гг. Объекты исследований – новые сорта нута Донплаза и гороха Сотник, сорт чечевицы Донская, их урожайность в зависимости от уровня минерального питания и нормы высева семян. Инокуляция семян культур перед посевом не проводилась, что допускало ограниченное применение азотных удобрений. При проведении исследований использовалась типичная схема опытов, применяемая в ФГБНУ ФРАНЦ [17, 18].

Опыт двухфакторный. Фактор А – норма высева семян. Нут: 1) 0,6 млн шт./га (контроль); 2) 0,8 млн шт./га; 3) 1,0 млн шт./га. Чечевица: 1) 1,4 млн шт./га (контроль); 2) 1,8 млн шт./га; 3) 2,2 млн шт./га. Горох:

1) 0,8 млн шт./га (контроль); 2) 1,0 млн шт./га; 3) 1,2 млн шт./га. Фактор В – режим питания растений (для нута, чечевицы, гороха): 1) без удобрений (контроль) (б/у); 2) средний уровень – $N_{15}P_{40}K_{40}$ (0,5 NPK); 3) высокий уровень – $N_{30}P_{80}K_{80}$ (NPK) [18].

Способ основной обработки – комбинированная обработка (дискование на 14–16 см бороной БДМ 3×4 в агрегате с Т-150 + щелевание на 40–45 см щелерезом Щ-2 с Т-150). Под изучаемые культуры удобрения вносились дробно: перед основной обработкой почвы – дозами $P_{80}K_{80}$ и $P_{40}K_{40}$. В период полных всходов – азотные подкормки (аммиачная селитра) дозами N_{30} и N_{15} . Посев нута, чечевицы и гороха проводился сеялкой СС-11 в один срок: 2018 г. – 9 апреля, 2019 г. – 6 апреля. Предшественником для нута, гороха и чечевицы в годы исследований была озимая пшеница.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный среднесиловый легкосуглинистый на лессовидном суглинке. Содержание гумуса в пахотном слое 4,0–4,2 %, общего азота 0,22–0,25 %. Реакция почвенного раствора слабощелочная (рН 7,1–7,3). Плотность сложения слоя 0,3 м в ненарушенном состоянии – 1,27 г/см³ [17, 18]. Агротехника соответствовала зональным рекомендациям. В опытах использовались общепринятые методики (Б. А. Доспехов, 1985, А. Ф. Вадюнина, 1986).

Результаты и обсуждение. Урожайность сельскохозяйственных культур во многом зависит от того, насколько благоприятными были условия вегетации. В зоне недостаточного увлажнения одним из главных факторов, оказывающих значительное влияние на урожайность культур, является тепловлагообеспеченность растений. При этом изучаемые в опытах зернобобовые имеют заметные отличия по своим биологическим особенностям и разным потребностям в почвенной влаге по периодам вегетации. Известно, что при прорастании нута семена культуры поглощают объем воды, превышающий собственный вес. Похожими свойствами обладает и чечевица. Поэтому наибольшая потребность растений этих культур в поч-

венной влаге отмечается после посева во время набухания семян, при листообразовании и закладке генеративных органов, приходясь на начальные периоды вегетации культур до их цветения [5, 9]. В этот период происходит интенсивный рост вегетативной массы и корневой системы растений. Способность корневой системы этих культур к глубокому укоренению делает возможным дальнейшее получение влаги растениями из глубоких слоев почвы, необходимой для их нормальной вегетации, даже при возможном дефиците атмосферных осадков. От благоприятности этих условий во многом зависит потенциальная урожайность зерна. Горох по своим биологическим особенностям не обладает глубокой стержневой корневой системой, что не позволяет извлекать влагу из нижних слоев почвы. Критический период водопотребления для гороха – цветение – образование плодов [1].

Условия вегетации нута, гороха и чечевицы в разные годы и периоды роста существенно отличались по показателям сумм активных температур, осадков и гидротермического коэффициента (ГТК). Разные нормы высева и нормы удобрений оказывали некоторое влияние на отличия сроков наступления и продолжительности фаз развития культур, но соответствующая разница не превышала 1–2 сут. В целом условия тепловлагообеспеченности вегетационных периодов изучаемых культур в годы наблюдений имели минимальные отличия. Наиболее характерно эти условия представлены в вариантах опыта с высоким уровнем питания $N_{30}P_{80}K_{80}$ и нормами высева нута 1,0 млн шт./га, чечевицы 2,2 млн шт./га, гороха 1,2 млн шт./га (таблица 1).

Анализ тепловлагообеспеченности вегетационных периодов изучаемых культур показывает существенные отличия условий роста и развития растений в годы проводимых исследований. В 2018 г. отмечался дефицит атмосферных осадков при относительно высокой среднесуточной сумме активных температур воздуха, а в 2019 г. условия вегетации были более благоприятными, что нашло отражение в показателях ГТК. Эти параметры

для вегетационных периодов бобовых культур в рассматриваемые годы соответственно составили: у нута – 0,35 и 0,80, чечевицы – 0,21 и 0,67, гороха – 0,21 и 0,68. Характерным отличием разных условий по обеспеченности растений теплом и влагой является разница в продолжительности вегетационных периодов, которая в более влажном 2019 г. была больше по сравнению с засушливым 2018 г., соответствующая разница составила: по нуту – 8 сут, чечевице – 10 сут, гороху – 7 сут. Таким образом, по тепловлагообеспеченности изучаемых культур 2018 г. оценивается как сухой, 2019 г. для чечевицы и гороха – среднесухой, для нута – средневлажный. Однако, кроме приведенных общих метеохарактеристик каждого года, значение имеет и распределение тепла и влаги по конкретным фазам вегетации культур, прежде всего периодам, когда потребность растений во влаге максимальна.

Таблица 1 – Тепло- и влагообеспеченность вегетационных периодов зернобобовых культур

Table 1 – Heat and moisture supply of the growing seasons of leguminous crops

Период вегетации	Год	Продолжительность, сут	Сумма T , °C	Осадки, м ³ /га	ГТК
1	2	3	4	5	6
Нут					
Посев – всходы	2018	10	121,7	18	0,15
	2019	12	160,1	346	2,16
Всходы – цветение	2018	34	659,6	206	0,31
	2019	36	664,8	702	1,06
Цветение – полная спелость	2018	63	1931,6	724	0,37
	2019	67	1990,7	754	0,38
Вегетационный период	2018	107	2195,1	948	0,35
	2019	115	2239,9	1802	0,80
Чечевица					
Посев – всходы	2018	11	143,4	18	0,13
	2019	14	173,0	346	2,00
Всходы – цветение	2018	37	666,2	218	0,33
	2019	41	697,9	702	1,01
Цветение – полная спелость	2018	44	1027,5	150	0,15
	2019	47	1112,5	298	0,27
Вегетационный период	2018	92	1824,8	386	0,21
	2019	102	1983,4	1346	0,67

Продолжение таблицы 1

Table 1 continuation

1	2	3	4	5	6
Горох					
Посев – цветение	2018	42	677,1	172	0,25
	2019	45	758,5	1046	1,38
Цветение – образова- ние плодов	2018	15	283,6	64	0,23
	2019	16	439,6	96	0,22
Образование плодов – полная спелость	2018	28	685,2	112	0,16
	2019	31	714,5	204	0,29
Вегетационный период	2018	85	1645,9	348	0,21
	2019	92	1777,8	1210	0,68

Для нута тепловлагообеспеченность начального периода вегетации 2018 г. от посева до всходов и от всходов до цветения характеризовалась показателями ГТК, не превышающими 0,15 и 0,31. При этом запасы продуктивной влаги слоя 1 м при посеве достигали 162 мм, позволяя оценить их количество как очень хорошее (А. Ф. Вадюнина, 1986). Эти запасы в определенной степени компенсировали дефицит осадков в критический период водопотребления культуры. От цветения до полной спелости нута ГТК составил 0,37, что с учетом умеренной потребности растений во влаге характеризует условия вегетации как относительно благоприятные. В 2019 г. на периоды посев – всходы и всходы – цветение пришлось значительное количество атмосферных осадков, а показатели ГТК соответственно 2,16 и 1,06 отражают благоприятные по тепловлагообеспеченности растений условия вегетации. Однако значительная доля осадков (44,2 мм) пришлась на заключительную фазу созревания нута, практически не оказав влияния на изменение урожайности, но затянув период вегетации.

Аналогичные закономерности изменения тепловлагообеспеченности по периодам вегетации отмечались в опытах с чечевицей. В 2018 г. ГТК периодов от посева до всходов и от всходов до цветения были низкими – 0,13 и 0,33. При этом запасы продуктивной влаги метрового слоя перед посевом культуры достигали 166 мм, что в определенной степени компенсировало дефицит влаги, необходимой для нормального развития рас-

тений в критический период водопотребления. Острый дефицит осадков от цветения до полной спелости чечевицы отражен в ГТК периода, который не превысил 0,15, что оказало негативное влияние на условия созревания. В 2019 г. характеристики начального периода вегетации культуры по обеспеченности теплом и влагой были близки к оптимальным (ГТК достигал 2,0 и 1,01). Но от цветения до полной спелости этот показатель не превысил 0,27.

Значительные отличия в изменении тепловлагообеспеченности по периодам вегетации в годы исследований отмечались и при возделывании гороха. Крайне неблагоприятно в целом характеризовались условия 2018 г., что отражают данные ГТК по периодам роста культуры, которые были низкими, изменяясь в пределах 0,16–0,25. От цветения до образования плодов ГТК не превысил 0,23, что отражает дефицит почвенной влаги в критический период водопотребления. В 2019 г. значительное количество осадков (104,6 мм, или 86,4 % от общего количества) выпало от посева до цветения гороха, когда потребность растений во влаге умеренная. Это обусловило высокий ГТК – 1,38. Однако в критический период водопотребления растений ГТК не превысил 0,22. Относительно невысоким он был и в период образования плодов – полной спелости (0,29).

В целом следует отметить, что по тепловлагообеспеченности вегетационных периодов изучаемых культур, прежде всего их критических фаз водопотребления, для нута и чечевицы условия 2018 г. можно оценить как удовлетворительные, условия 2019 г. – относительно благоприятные. Обеспеченность теплом и влагой гороха в критический период водопотребления 2018 и 2019 гг. была недостаточно благоприятной для нормального роста и развития растений.

Элементы технологии возделывания культур, метеорологические факторы оказали определенное влияние на условия их вегетации в годы исследований и отразились на показателях урожайности (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность зернобобовых культур в зависимости от нормы высева семян и уровня минерального питания
Table 2 – Productivity of leguminous crops depending on the seed application rate and mineral status

Норма высева	Год	Урожайность (т/га), фон NPK			
		б/у (контроль)	0,5 NPK	NPK	фактор А
Нут					
0,6 млн шт./га (контроль)	2018	1,24	1,48	1,67	
	2019	1,48	1,78	2,05	
	среднее	1,36	1,63	1,86	1,62
0,8 млн шт./га	2018	1,48	1,73	1,95	
	2019	1,72	2,09	2,41	
	среднее	1,60	1,91	2,18	1,90
1,0 млн шт./га	2018	1,57	1,87	2,06	
	2019	1,79	2,21	2,52	
	среднее	1,68	2,04	2,29	2,00
Фактор В		1,55	1,86	2,11	
2018 г.: НСР ₀₅ = 0,10 т/га; фактор А: НСР ₀₅ = 0,09 т/га; фактор В: НСР ₀₅ = 0,10 т/га. 2019 г.: НСР ₀₅ = 0,11 т/га; фактор А: НСР ₀₅ = 0,10 т/га; фактор В: НСР ₀₅ = 0,11 т/га					
Чечевица					
1,4 млн шт./га (контроль)	2018	0,91	1,07	1,17	
	2019	1,05	1,27	1,41	
	среднее	0,98	1,17	1,29	1,15
1,8 млн шт./га	2018	1,08	1,33	1,43	
	2019	1,26	1,65	1,79	
	среднее	1,17	1,49	1,61	1,42
2,2 млн шт./га	2018	1,10	1,34	1,49	
	2019	1,31	1,72	1,86	
	среднее	1,21	1,53	1,68	1,47
Фактор В		1,12	1,40	1,53	
2018 г.: НСР ₀₅ = 0,08 т/га; фактор А: НСР ₀₅ = 0,08 т/га; фактор В: НСР ₀₅ = 0,09 т/га. 2019 г.: НСР ₀₅ = 0,10 т/га; фактор А: НСР ₀₅ = 0,09 т/га; фактор В: НСР ₀₅ = 0,10 т/га					
Горох					
0,8 млн шт./га (контроль)	2018	0,81	0,92	1,07	
	2019	1,01	1,20	1,39	
	среднее	0,91	1,06	1,23	1,07
1,0 млн шт./га	2018	0,86	1,01	1,15	
	2019	1,16	1,43	1,59	
	среднее	1,01	1,22	1,37	1,20
1,2 млн шт./га	2018	0,99	1,14	1,30	
	2019	1,33	1,58	1,88	
	среднее	1,16	1,36	1,59	1,37
Фактор В		1,03	1,21	1,40	
2018 г.: НСР ₀₅ = 0,10 т/га; фактор А: НСР ₀₅ = 0,09 т/га; фактор В: НСР ₀₅ = 0,11 т/га. 2019 г.: НСР ₀₅ = 0,11 т/га; фактор А: НСР ₀₅ = 0,10 т/га; фактор В: НСР ₀₅ = 0,11 т/га					

При возделывании нута более высокая урожайность зерна отмечена в 2019 г., которая по сравнению с данными менее благоприятного по тепловлагообеспеченности 2018 г. была выше: при норме высева 0,6 млн шт./га на 0,24–0,38 т/га, или на 19,4–22,7 %, норме 0,8 млн шт./га – на 0,24–0,46 т/га (16,2–23,6 %), норме 1,0 млн шт./га – на 0,22–0,46 т/га, или на 17,0–22,3 %. Лучшая средняя урожайность получена в варианте с нормой высева 1,0 млн шт./га и фоном питания NPK, составив 2,29 т/га. Повышение посевной нормы (фактор А) до 0,8 млн шт./га при разных уровнях питания в среднем за годы исследований увеличивало урожайность семян с 1,62 до 1,90 т/га, разница равна 0,28 т/га, или 17,3 %, по сравнению с контролем. При норме высева 1,0 млн шт./га соответствующие прибавки достигали 0,38 т/га и 23,5 %. Внесение удобрений позволяло увеличить урожайность зерна, независимо от плотности посева, она в среднем составила: на фоне 0,5 NPK – 1,86 т/га, фоне NPK – 2,11 т/га, что на 0,31 и 0,56 т/га, или на 20,0 и 36,1 %, больше, чем на контроле. При этом лучшая окупаемость удобрений урожаем зерна отмечена на фоне питания 0,5 NPK, составив 3,26 кг дополнительной продукции на 1 кг внесенных удобрений. При фоне питания NPK этот показатель был меньше, не превысив 2,95 кг/кг. Самая высокая в абсолютном значении урожайность нута получена в 2019 г. в варианте с нормой высева 1,0 млн шт./га и фоном питания NPK, составив 2,52 т/га.

Такие же тенденции просматривались в аналогичных вариантах опыта с чечевицей, урожайность зерна которой была выше в более благоприятном по тепловлагообеспеченности 2019 г. Соответствующая разница в показателях с данными 2018 г. составила: при норме высева 1,4 млн шт./га – 0,14; 0,20; 0,24 т/га (15,4–120,5 %), норме 1,8 млн шт./га – 0,18; 0,32; 0,36 т/га (16,7–25,2 %), норме 2,2 млн шт./га – 0,21; 0,30; 0,37 т/га (19,1–24,8 %).

Увеличение плотности посева и норм внесения удобрений также способствовало повышению урожайности зерна. Лучшая средняя урожайность

получена в варианте с нормой высева 2,2 млн шт./га и фоном питания NPK, составив 1,68 т/га. В вариантах с нормами высева 1,8 и 2,2 млн шт./га соответствующие прибавки, независимо от уровня минерального питания, в среднем по фактору А составили 0,27 т/га (23,5 %) и 0,32 т/га (27,8 %) по сравнению с контрольным вариантом 1,4 млн шт./га. Фоны питания 0,5 NPK и NPK способствовали повышению урожайности чечевицы при разных нормах высева семян в среднем на 0,28 т/га (25,0 %) и 0,41 т/га (36,6 %) по сравнению с вариантом без удобрений. Лучшая окупаемость применения удобрений урожаем отмечена на фоне питания 0,5 NPK, составив 2,0 кг на 1 кг внесенных удобрений. При высоком уровне питания этот показатель не превысил 1,68 кг/кг. Лучшая урожайность по вариантам отмечена в 2019 г. при норме высева 2,2 млн шт./га и фоне NPK – 1,86 т/га.

Более контрастные данные об урожайности по вариантам опыта получены на горохе. Следует также отметить более высокую урожайность в благоприятном по тепловлагообеспеченности 2019 г., которая, независимо от уровней питания, была выше: при норме высева 0,8 млн шт./га на 0,20–0,32 т/га (24,7–30,4 %), норме 1,0 млн шт./га на 0,30–0,44 т/га (34,9–41,6 %), норме 1,2 млн шт./га на 0,34; 0,44; 0,58 т/га (34,3–44,6 %), по сравнению с данными засушливого 2018 г. Увеличение нормы высева (фактор А) с 0,8 до 1,0 млн шт./га при разных нормах удобрений давало среднюю урожайность зерна 1,20 т/га, что на 0,13 т/га, или 12,1 %, выше, чем на контроле. Норма 1,2 млн шт./га в аналогичных условиях способствовала получению урожайности 1,37 т/га, превышающей контрольные показатели на 0,30 т/га, или 28,0 %. Применение удобрений (фактор В) также способствовало существенному увеличению урожайности, которая, независимо от нормы высева семян, в среднем достигла в варианте с фоном питания 0,5 NPK 1,21 т/га, фоном NPK – 1,40 т/га, что на 0,18 и 0,37 т/га, или на 17,5 и 39,9 %, больше, чем в условиях естественного плодородия. Лучшая окупаемость применения удобрений на горохе отмечена

в условиях нормы NPK, составив в среднем 1,95 кг/кг. По вариантам опыта лучшая урожайность получена в 2019 г. при норме высева 1,2 млн шт./га и фоне NPK, составив 1,88 т/га. В этих же условиях отмечена и наибольшая отдача в виде урожая от применения удобрений – 2,89 кг/кг.

Разные метеорологические характеристики вегетационных периодов зернобобовых культур в годы исследований отразились на показателях водного баланса (осадки X , расход влаги из почвы ΔW в слое 1 м, суммарное водопотребление E) и эффективности использования почвенной влаги растениями (коэффициент водопотребления K_v , зависящий от урожайности Y). Характерные данные в вариантах с высокими уровнем NPK и нормой высева (для нута – 1,0 млн шт./га, чечевицы – 2,2 млн шт./га, гороха – 1,2 млн шт./га) приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Водный баланс посевов зернобобовых культур

Table 3 – Water balance of leguminous crops seeding

Культура	Год	ΔW , м ³ /га	X , м ³ /га	E , м ³ /га	K_v , м ³ /т
Нут	2018	1120	948	2068	1004
	2019	840	1802	2642	1048
	среднее	980	1375	2355	1028
Чечевица	2018	1470	386	1856	1246
	2019	1110	1346	2456	1320
	среднее	1290	866	2156	1287
Горох	2018	1480	348	1828	1406
	2019	1140	1210	2350	1250
	среднее	1310	779	2089	1314

Составляющие водного баланса рассматриваемых культур имели существенные отличия в годы исследований, что обусловлено заметной разницей в продолжительности их вегетационных периодов. В засушливый 2018 г. значительная доля водного баланса представлена расходом влаги из почвы и меньшая – осадками. При этом доля осадков в балансе имела значительные отличия и составила: у нута – 948 м³/га, или 45,8 %, чечевицы – 386 м³/га (20,8 %), гороха – 348 м³/га (19,8 %). Обратными в процентном отношении были данные о расходе воды из почвы. У чечевицы и гороха доля осадков в водном балансе культур была примерно в 4 раза

меньше расхода почвенной влаги. В более влажном 2019 г. приоритет в водном балансе культур имели атмосферные осадки, доля которых составила: у нута – 1802 м³/га, или 68,2 %, чечевицы – 1346 м³/га (54,8 %), гороха – 1210 м³/га, или 51,5 %. Разница в сумме осадков между данными 2018 и 2019 гг. составила: у нута в 1,9 раза, чечевицы и гороха – 3,5 раза.

Показатели Кв изучаемых культур имели особенности в разные по тепловлагообеспеченности годы. У нута эти коэффициенты в засушливый (1004 м³/т) и влажный (1048 м³/т) годы были практически одинаковы (разница не превысила 4,3 %). Это, в частности, можно объяснить наличием значительного количества осадков, выпавших за эти годы в заключительный период созревания семян и не способствовавших увеличению урожайности, но учтенных в водном балансе. При возделывании чечевицы более рациональное использование почвенной влаги отмечено в засушливый год, составив 1246 м³/т, что объясняется высокой засухоустойчивостью культуры. Так, при увеличении количества осадков во влажном 2019 г. на 960 м³/га (или в 3,5 раза) по сравнению с засушливым 2018 г. урожайность зерна увеличилась на 0,37 т/га, или на 24,8 %. При выращивании гороха самый низкий Кв получен в относительно благоприятном по влагообеспеченности 2019 г., составив 1250 м³/т.

В целом для богарных условий выращивания культур характерны резкие перепады количества атмосферных осадков, выпадающих за вегетационные периоды, их частое отсутствие в критические фазы водопотребления растений, что негативно отражается на биопродуктивности земель. В этих условиях с каждым годом возрастает актуальность возрождения орошения, которое в зоне недостаточного увлажнения является одним из главных резервов повышения эффективности растениеводства.

Выводы. Важный фактор, от которого зависит урожайность зернобобовых культур на богаре, – влагообеспеченность растений в критический период водопотребления. Повышение нормы посева нута с 0,6 до

1,0 млн шт./га, независимо от нормы удобрений, увеличивало урожайность на 0,38 т/га, или 23,5 %. Аналогичное увеличение посевных норм чечевицы с 1,4 до 2,2 млн шт./га и гороха с 0,8 до 1,2 млн шт./га давало прибавки урожайности соответственно 0,32 т/га (27,8 %) и 0,30 т/га (28,9 %). При этом на чечевице разница в урожайности при нормах высева 1,8 и 2,2 млн шт./га не превысила 0,05 т/га.

Средний уровень питания $N_{15}P_{40}K_{40}$ независимо от нормы высева давал прибавку урожайности: по нуту – 0,31 т/га (20,0 %), чечевице – 0,28 т/га (25,0 %), гороху – 0,18 т/га (17,5 %). Высокий уровень питания $N_{30}P_{80}K_{80}$ обеспечивал аналогичную прибавку на нуте 0,56 т/га (36,1 %), чечевице – 0,41 т/га (36,6 %), горохе – 0,37 т/га (39,9 %). Наибольшая окупаемость удобрений прибавкой урожая на фоне $N_{15}P_{40}K_{40}$ отмечена у нута (3,26 кг/кг) и чечевицы (2,0 кг/кг), у гороха – на фоне $N_{30}P_{80}K_{80}$ (1,95 кг/кг).

Лучшие средние показатели урожайности зернобобовых отмечены при высоких уровнях питания и плотности посева: у нута 2,29 т/га, чечевицы 1,68 т/га, гороха 1,59 т/га.

Список источников

1. Савельев В. А. Горох: монография. Саратов: Вуз. образование, 2018. 231 с.
2. Наумкина Т. С., Грядунова Н. В., Наумкин В. В. Чечевица – ценная зернобобовая культура // Зернобобовые и крупяные культуры. 2015. № 2(14). С. 42–45.
3. Лавренко С. О., Лавренко Н. Н. Экономическая эффективность выращивания нута в условиях юга Украины // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2014. № 4(16). С. 49–59. URL: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=749> (дата обращения: 01.03.2022).
4. Hall C., Hillen C., Robinson J. G. Composition, nutritional value, and health benefits of pulses // Cereal Chemistry. 2017. Vol. 94, № 1. P. 11–31. DOI: 10.1094/CCHEM-03-16-0069-FI.
5. Балашов В. В., Балашов А. В. Волгоградский нут: монография. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2013. 108 с.
6. Германцева Н. И. Нут – культура засушливого земледелия. Саратов, 2011. 199 с.
7. Гатаулина Г. Г., Бельшкина М. Е. Соя и другие зернобобовые культуры: импортировать или производить? // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31, № 8. С. 5–11.
8. Канукова К. Р., Бозиев А. Л., Бозиев Х. К. Влияние почвенно-климатических условий предгорной зоны Кабардино-Балкарии на показатели симбиотической деятельности посевов, урожайность, структуру урожая и качество семян чечевицы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного

университета [Электронный ресурс]. 2016. № 118(04). 15 с. URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/43.pdf> (дата обращения: 01.03.2022).

9. Есаулко А. Н., Галда Д. Е. Влияние минеральных удобрений на агрохимические показатели чернозема и продуктивность чечевицы в условиях Ставропольского края // Плодородие. 2016. № 6(93). С. 21–23.

10. Метлина Г. В., Васильченко С. А., Кривошеева Е. Д. Урожайность нута в зависимости от водного и пищевого режимов почвы Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2018. № 3. С. 13–17. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-57-3-13-17>.

11. Гаевая Э. А., Васильченко А. П. Урожайность гороха в зависимости от погодных условий Ростовской области // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 2. С. 32–34.

12. Постников П. А. Метеорологические условия и урожайность гороха в севооборотах // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 10. С. 57–60. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11013.

13. Assessing the effectiveness of agricultural conservation practices in maintaining soil organic carbon under contrasting agroecosystems and changing climate / H. T. Gollany, S. J. DelGrosso, C. J. Dell, P. R. Adler // Soil Science Society of America Journal. 2021. № 2. P. 1–18. DOI: 10.1002/saj2.20232.

14. Hosseinzadeh S. R., Ahmadvpour R. Evaluation of vermicompost fertilizer application on growth, nutrient uptake and photosynthetic pigments of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under moisture deficiency conditions // Journal of Plant Nutrition. 2018. Vol. 41, № 10. P. 1276–1284. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1450419>.

15. Федюшкин А. В., Пасько С. В. Эффективность возделывания чечевицы на черноземе обыкновенном в зависимости от нормы посева и доз минеральных удобрений // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 2. С. 174–186. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1203> (дата обращения: 01.03.2022). DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-174-186.

16. Бородачев В. В., Пимонов К. И., Михайленко Е. Н. Агрохимическая оценка применения минеральных удобрений и биопрепаратов при возделывании нута в Ростовской области // Плодородие. 2018. № 1. С. 34–37. DOI: 10.25680/S19948603.2018.100.09.

17. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность и водопотребление гороха сорта Премьер в богарных условиях // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. 2021. Т. 11, № 3. С. 194–205. URL: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1222> (дата обращения: 18.08.2021). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-194-205.

18. Гринько А. В., Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Приемы возделывания нута в условиях обыкновенных черноземов // Известия Оренбургского ГАУ. 2019. № 4(78). С. 84–88.

References

1. Saveliev V.A., 2018. *Gorokh: monografiya* [Peas: monograph]. Saratov, University Education, 231 p. (In Russian).

2. Naumkina T.S., Gryadunova N.V., Naumkin V.V., 2015. *Chechevitsa – tsennaya zernobobovaya kul'tura* [Lentil is a valuable bean crop]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* [Leguminous and Groat Crops], no. 2(14), pp. 42–45. (In Russian).

3. Lavrenko S.O., Lavrenko N.N., 2014. [Economic efficiency of chickpea growing in the south of Ukraine]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, no. 4(16), pp. 49–59, available: <http://rosniipm-sm.ru/article?n=749> [accessed 01.03.2022]. (In Russian).

4. Hall C., Hillen C., Robinson J.G., 2017. Composition, nutritional value, and health benefits of pulses. *Cereal Chemistry*, vol. 94, no. 1, pp. 11–31, DOI: 10.1094/CCHEM-03-16-0069-FI.

5. Balashov V.V., Balashov A.V., 2013. *Volgogradskiy nut: monografiya* [Volgograd Chickpea: monograph]. Volgograd, Volgograd State Agrarian University, 108 p. (In Russian).
6. Germantseva N.I., 2011. *Nut – kul'tura zasushlivogo zemledeliya* [Chickpea – the Culture of Arid Farming]. Saratov, 199 p. (In Russian).
7. Gataulina G.G., Belyshkina M.E., 2017. *Soya i drugie zernobobovye kul'tury: importirovat' ili proizvodit'?* [Soyabean and other legumes: import or produce?]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex], vol. 31, no. 8, pp. 5-11. (In Russian).
8. Kanukova K.R., Boziev A.L., Boziev Kh.K., 2016. [Influence of soil and climatic conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria on the performance indicators of symbiotic crops, yield, crop structure and the quality of lentil seeds]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU: politematicheskiiy setevoy elektronnyy zhurnal*, no. 118(04), 15 p., available: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/43.pdf> [accessed 01.03.2022]. (In Russian).
9. Esaulko A.N., Galda D.E., 2016. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy na agrokhimicheskie pokazateli chernozema i produktivnost' chechevitsy v usloviyakh Stavropol'skogo kraya* [Influence of mineral fertilizers on the agrochemical indicators of chernozem and lentil productivity in Stavropol Territory]. *Plodorodie* [Fertility], no. 6(93), pp. 21-23. (In Russian).
10. Metlina G.V., Vasilchenko S.A., Krivosheeva E.D., 2018. *Urozhaynost' nuta v zavisimosti ot vodnogo i pishchevogo rezhimov pochvy Rostovskoy oblasti* [Chickpea productivity depending on water and nutrition regimes of the soil in Rostov region]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* [Grain Economy of Russia], no. 3, pp. 13-17, <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-57-3-13-17>. (In Russian).
11. Gaevaya E.A., Vasilchenko A.P., 2016. *Urozhaynost' gorokha v zavisimosti ot pogodnykh usloviy Rostovskoy oblasti* [Pea productivity depending on the weather conditions of Rostov region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex], vol. 30, no. 2, pp. 32-34. (In Russian).
12. Postnikov P.A., 2018. *Meteorologicheskie usloviya i urozhaynost' gorokha v sevooborotakh* [Meteorological conditions and pea productivity in crop rotation]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex], vol. 32, no. 10, pp. 57-60, DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11013. (In Russian).
13. Gollany H.T., DelGrosso S.J., Dell C.J., Adler P.R., 2021. Assessing the effectiveness of agricultural conservation practices in maintaining soil organic carbon under contrasting agroecosystems and changing climate. *Soil Science Society of America Journal*, no. 2, pp. 1-18, DOI: 10.1002/saj2.20232.
14. Hosseinzadeh S.R., Ahmadpour R., 2018. Evaluation of vermicompost fertilizer application on growth, nutrient uptake and photosynthetic pigments of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under moisture deficiency conditions. *Journal of Plant Nutrition*, vol. 41, no. 10, pp. 1276-1284, <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1450419>.
15. Fedyushkin A.V., Pasko S.V., 2021. [Lentil cultivation efficiency on ordinary chernozem, depending on the seeding rate and mineral fertilizers doses]. *Nauchnyy Zhurnal Rossiyskogo NII Problem Melioratsii*, vol. 11, no. 2, pp. 174-186, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1203> [accessed 01.03.2022], DOI: 10.31774/2222-1816-2021-11-2-174-186. (In Russian).
16. Borodychev V.V., Pimonov K.I., Mikhailenko E.N., 2018. *Agrokhimicheskaya otsenka primeneniya mineral'nykh udobreniy i biopreparatov pri vozdeleyvanii nuta v Rostovskoy oblasti* [Agrochemical assessment of mineral fertilizer and biological product use in the chickpeas cultivation in Rostov region]. *Plodorodie* [Fertility], no. 1, pp. 34-37, DOI: 10.25680/S19948603.2018.100.09. (In Russian).
17. Voshedsky N.N., Kulygin V.A., 2021. [Influence of cultivation technology elements on yield and water consumption of pea Premier variety under rainfed conditions]. *Me-*

lioratsiya i gidrotekhnika, vol. 11, no. 3, pp. 194-205, available: <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1222> [accessed 18.08.2021], DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-194-205. (In Russian).

18. Grinko A.V., Voshedsky N.N., Kulygin V.A., 2019. *Priemy vzdelyvaniya nuta v usloviyakh obyknovennykh chernozemov* [Methods of chickpeas growing on ordinary chernozems]. *Izvestiya Orenburgskogo GAU* [Bull. of Orenburg State Agrarian University], no. 4(78), pp. 84-88. (In Russian).

Информация об авторах

Н. Н. Вошедский – заведующий отделом земледелия и растениеводства, заведующий лабораторией биологии растений, агрохимии и сортовой агротехники, кандидат сельскохозяйственных наук;

В. А. Кулыгин – ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук.

Information about the authors

N. N. Voshedskiy – Head of the Department of Agriculture and Crop Production, Head of the Laboratory of Plant Biology, Agrochemistry and Varietal Agrotechnics, Candidate of Agricultural Sciences;

V. A. Kulygin – Leading Researcher, Candidate of Agricultural Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата и других нарушений в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for detecting plagiarism, self-plagiarism and other ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 15.03.2022; одобрена после рецензирования 11.05.2022; принята к публикации 12.05.2022.

The article was submitted 15.03.2022; approved after reviewing 11.05.2022; accepted for publication 12.05.2022.