
ВОДНЫЙ РЕЖИМ И ПРОДУКТИВНОСТЬ НУТА В РИСОВЫХ ЧЕКАХ

А.В. Шуравилин

Кафедра почвоведения и земледелия
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8/2, Москва, Россия, 117198

**В.В. Бородычев, С.Б. Адьяев,
Т.В. Подольская**

Волгоградский комплексный отдел
Всероссийский НИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова
ул. Б. Академическая, 44, Москва, Россия, 127550

Разработана технология возделывания нута в рисовых севооборотах с использованием остаточного после уборки риса запаса почвенной влаги, обеспечивающего формирование 2,5 т/га зерна. Изучены способы основной обработки почвы и предложено безотвальное глубокое рыхление почвы на глубину 0,3 м. Определены оптимальные сроки посева нута, обеспечивающие рациональное использование запасов почвенной влаги.

Ключевые слова: возделывание, нут, рисовые севообороты, запасы почвенной влаги, основная обработка почвы, безотвальное глубокое рыхление почвы.

В засушливых условиях Калмыкии рациональное чередование риса с многолетними и однолетними сопутствующими культурами позволяет более эффективно использовать ирригационные земли и оросительную воду и ускоряет окультуривание периодически затопляемых почв рисовых полей. Рисовое поле до посева сопутствующих культур в течение 2—3 лет затопливается слоем воды. При затоплении резко меняется направление микробиологических и химических процессов, связанных с разложением органического вещества. В почве затопляемых старопашотных полей вследствие слабого притока кислорода гумификация органического вещества происходит замедленными темпами и менее полно. Включение в рисовые севообороты сопутствующих культур обеспечивает восстановление биохимических процессов.

При выборе культур для внедрения в рисовые севообороты особенно важно учитывать следующие их свойства:

- способность обеспечить рентабельное производство;
- формирование высоких урожаев без полива;
- максимально продуктивное использование остаточных после риса запасов почвенной влаги;
- обладание фитомелиоративными свойствами.

К таким культурам относится нут — ценный вид бобовых, засухоустойчивый и адаптированный к местным условиям [1; 2; 3]. В связи с этим разработана адаптивная ресурсосберегающая технология возделывания нута, обеспечивающей активизацию функционирования азотофиксирующего симбиоза с клубеньковыми

бактериями и накопление биологического азота, является актуальной задачей современной практики ведения рисовых севооборотов.

Целью настоящих исследований являлась разработка технологии возделывания нута в рисовых чеках, обеспечивающей ресурсосберегающий эффект за счет наиболее полного использования остаточных после риса запасов почвенной влаги при активизации нутового симбиоза с использованием минеральных удобрений.

Теоретические исследования позволили установить, что биологические возможности нута при современной практике возделывания этой культуры в рисовых чеках используются не полностью. Нут — жаростойкое и теплолюбивое растение — не требователен к ресурсам тепла в начальные периоды развития. Ранний посев нута позволяет использовать ту значительную часть почвенных влагозапасов, которая теряется к периоду традиционного срока посева. Однако необходима многокритериальная проверка целесообразности посева нута в ранние сроки, в связи с чем в опыт были включены 4 срока посева, с 11 апреля по 11 мая, с интервалом в одну декаду (фактор А). Повышение стабильности накопленных за период возделывания риса запасов почвенной влаги при ранних сроках посева нута особенно целесообразно при внесении минеральных удобрений, так как последний прием, как правило, интенсифицирует транспирацию и расход влаги. Для оценки существенности взаимного действия этих факторов в опыт включен второй фактор (В), который представлен двумя уровнями: В1 — естественное плодородие почвы, и В2 — внесение $N_{60}P_{20}K_{20}$. Как фактор, обуславливающий интенсивность расхода почвенной влаги, исследовали возможные способы обработки почвы в весенний период: С1 — сложившаяся практика обработки почвы дисковыми орудиями на глубину 0,10—0,12 м и С2 — безотвальное глубокое рыхление почвы на глубину 0,3 м.

Агротехника возделывания нута в опытах разрабатывалась на основе действующих зональных рекомендаций с дополнениями их вариантами изучаемых приемов. Учитывая, что после уборки риса преимущественно не остается времени на проведение основной обработки почвы в осенний период, в исследованиях почву начинали обрабатывать весной. Внесение и заделку удобрений в почву совмещали с проведением основной обработки, в частности, глубокое рыхление агрегатом ГУН 4 совмещали с внесением удобрений в подпахотный горизонт (0,3 м). Обработку нута ризоторфином проводили с помощью протравливателя ПС-10А, а семена для лучшей прилипаемости смачивали водой, исходя из соотношения 2 части воды + 100 частей семян.

Полевые исследования реализованы в рисовых чеках опытно-производственного хозяйства «Харада» Октябрьского района Республики Калмыкия. Почвы опытного участка бурые, почвенный покров характеризуется тяжелосуглинистым гранулометрическим составом. Пределы изменения плотности сложения почвы варьируют от 1,24 т/м³ в пахотном слое до 1,55—1,60 т/м³ на метровой глубине, наименьшая влагоемкость в метровом слое почвы составляет 24,2% от массы сухой почвы. По обеспеченности осадками вегетационный период нута в 2006 году (140 мм) относился к средневлажным, в 2007 году (86 мм) оказался засушливым, в 2008 году (120 мм) — близким к среднепогодным значениям.

На всех вариантах опыта рельеф, почвенные и гидрологические условия были идентичны. Для исключения влияния почвенных разностей была соблюдена четырехкратная повторность каждого варианта. По площади земельного участка опыт был заложен методом организованных повторений: делянки с полным набором всех вариантов схемы были объединены территориально в компактную группу, составляя определенным образом организованное повторение. Учетная площадь единичной делянки, образованной сочетанием исследуемых в опыте факторов, составила 200 м², общая площадь опытного участка — 4 га.

Исследования показали, что, несмотря на засухоустойчивость, при формировании высокопродуктивных агроценозов культура нута потребляет до 3010—4060 м³/га воды за вегетационный период (табл. 1). Максимум воды за вегетационный период, 3290—4060 м³/га, нут потребляет при посеве 21 апреля. Переход с дискования на плоскорезную обработку почвы и удобрение нута в ранних посевах (11—21 апреля) сопровождается увеличением суммарного водопотребления на 110—240 м³/га. Однако влияние этих факторов на водный режим почвы в 3,5—5,4 раза меньше, чем срока посева культуры и складывающихся метеоусловий. При посеве 11 мая внесение удобрений сопровождается увеличением суммарного водопотребления нута на 10—60 м³/га, что в четыре раза меньше в сравнении с участками, где проводили ранний посев (11 апреля). Таким образом, при раннем посеве нута усиление эвапотранспирации, связанное с удобрением посевов или переходом с дискования на глубокое (0,3 м) безотвальное рыхление, проявляется сильнее, чем при традиционных (1—11 мая) сроках посева.

Таблица 1

Эффективность возделывания нута в рисовых чеках

Ранне-весенняя обработка почвы	Внесение минеральных удобрений	Срок посева	Урожайность, т/га				Затраты воды в расчете		Чистый дисконтированный доход на 300 га, тыс. руб.	Индекс доходности дисконтированных затрат
			Год исследований			Средняя	на орг. в-во, м ³ /т	на урожай зерна, м ³ /т		
			I	II	III					
Дискование на глубину 0,1—0,12 м	—	11 апреля	1,57	1,40	1,45	1,47	824	2 274	882,5	1,32
	—	21 апреля	1,62	1,45	1,57	1,55	825	2 240	1 012,6	1,37
	—	01 мая	1,45	1,22	1,36	1,34	906	2 537	414,2	1,15
	—	11 мая	1,40	1,13	1,30	1,28	971	2 540	180,0	1,07
	N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	11 апреля	1,75	1,58	1,62	1,65	752	2 113	189,8	1,05
	N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	21 апреля	1,81	1,55	1,75	1,70	752	2 114	111,7	1,03
	N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	01 мая	1,63	1,40	1,46	1,43	825	2 297	-278,5	0,93
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	11 мая	1,47	1,23	1,39	1,36	933	2 417	-720,8	0,82	
Плоскорезная обработка почвы на глубину 0,3 м	—	11 апреля	1,75	1,55	1,72	1,67	771	2 070	856,7	1,27
	—	21 апреля	1,80	1,55	1,74	1,70	776	2 123	856,7	1,27
	—	01 мая	1,55	1,32	1,46	1,44	862	2 423	258,3	1,08
	—	11 мая	1,38	1,16	1,29	1,28	953	2 568	-157,9	0,95
	N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	11 апреля	2,40	2,17	2,50	2,36	636	1 569	1 308,8	1,30
	N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	21 апреля	2,38	2,05	2,33	2,25	679	1 650	996,6	1,23
	N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	01 мая	1,96	1,63	1,86	1,82	730	1 949	-96,1	0,98
N ₆₀ P ₂₀ K ₂₀	11 мая	1,75	1,45	1,67	1,62	889	2 035	-564,4	0,87	
НСР ₀₅ , т/га	для частных средних		0,10	0,11	0,14	—	—	—	—	—
	фактор А		0,05	0,06	0,07	—	—	—	—	—
	фактор В		0,04	0,05	0,06	—	—	—	—	—
	фактор С		0,04	0,05	0,06	—	—	—	—	—

Основным источником влаги для нута в рисовых чеках, до 47% от суммарного водопотребления, являются почвенные влагозапасы, которые, в свою очередь, существенно зависят от срока посева культуры. В годы исследований почвенные влагозапасы в слое 1 м изменялись, в среднем, от 3147—3277 м³/га при посеве 11 апреля до 2857—3031 м³/га при посеве 11 мая, с максимальной амплитудой 420 м³/га; это равно примерно $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ доли всей используемой из почвы воды и, соответственно, это потенциальный объем дополнительных ресурсов влаги, обеспечиваемый при переходе на ранние (11 апреля) сроки посева нута. Последнее особенно важно при переходе с дискования почвы на глубокое (0,3 м) безотвальное рыхление, а также при удобрении посевов, которое сопровождается усилением эвапотранспирации.

В зависимости от складывающихся погодных условий, срока посева, способа обработки почвы и применения минеральных удобрений влажность почвы в метровом слое изменяется в пределах 77—95% НВ в период всходов, 75—92% НВ — к началу фазы ветвления, 55—84% НВ — к началу фазы цветения, 46—66% НВ — в период налива бобов. Как на фоне естественного плодородия почвы, так и на удобренных участках для растений нута почвенная влага становится труднодоступной в период налива бобов при проведении раннего посева (11—21 апреля) и уже к началу цветения при проведении посева 11 мая. С этого момента основную роль в водообеспечении нута играют атмосферные осадки, доля которых численно достигает 23—35% от суммарного водопотребления.

Среднесуточное водопотребление нута увеличивается, а температурные коэффициенты испарения влаги, напротив, снижаются на 0,6—15,0% с переходом от ранних сроков посева к более поздним. Переход с дискования на плоскорезную обработку почвы и удобрение нута увеличивают среднесуточное водопотребление с 34,6 до 37,2 м³/га в сутки только в ранних посевах (11—21 апреля).

Экспериментально доказано, что посев нута в поздние сроки, сочетание плоскорезной обработки почвы с внесением минеральных удобрений усиливают интенсивность водопотребления нута в начальные периоды роста и развития (посев — всходы, фаза ветвления) в среднем в 1,8—2,1 раза. Как следствие, имеющиеся ресурсы влаги расходуются посевами более динамично. В периоды цветения, налива и созревания бобов интенсивность водопотребления нута на этих участках, напротив, снижалась в сравнении с вариантами, где традиционные сроки посева (11 мая) и обработку почвы (дискование) проводили без применения удобрений.

В отличие от среднесуточного водопотребления вариация значений температурных коэффициентов испарения влаги в начальные периоды развития растений ниже, однако к концу вегетации она существенно повышается (табл. 2). Коэффициент вариации температурных коэффициентов испарения влаги посевами нута в период от посева до начала ветвления не превышал 0,7—6,4%, в период ветвления — 2,4—7,4%, а в периоды цветения и налива бобов увеличился до 7,7—15,2%. Это объясняется доступностью растениям нута почвенной влаги, содержание которой в начальные фазы вегетации в рисовых чеках достаточно высоко и стабильно, а в последующие периоды зависит от поступления атмосферных осадков.

Параметры уравнения регрессии взаимосвязи урожайности со сроком посева нута и вероятностью поступления ожидаемого количества атмосферных осадков

Сочетание факторов, при котором работает зависимость	Коэффициенты						Коэффициент детерминации зависимости
	C	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	
V1C1	1,79	-0,95	0,066	0,600	-0,035	-0,082	0,83
V2C1	2,09	-1,39	0,054	0,930	-0,047	-0,042	0,85
V1C2	1,93	-0,51	-0,003	0,039	-0,047	0,002	0,91
V2C2	2,53	-0,19	-0,124	-0,352	-0,035	-0,039	0,90

Активизация азотофиксирующей деятельности симбиотического аппарата является важным направлением ресурсосбережения, экологизации и биологизации возделывания нута в рисовых чеках. Наиболее развитым симбиотическим аппаратом в опыте характеризовались посевы нута на участках, где проводили глубокое (0,3 м) безотвальное рыхление почвы при раннем (11—21 апреля) сроке посева, а минеральные удобрения не вносили. Масса активных клубеньков нута на этом участке достигала 30,7—34,2 кг/га (сухого вещества) в период ветвления растения, 179,6—207,3 кг/га в фазу цветения и 91,2—96,2 кг/га — в фазу налива бобов. При переходе с глубокого (0,3 м) безотвального рыхления почвы на обработку дискованием (0,10—0,12 м) максимальная за вегетационный период масса активных клубеньков нута снижалась на 16,4—29,2 кг/га, при переходе на поздние сроки посева (11 мая) — на 94,9 кг/га, а при внесении удобрений — на 12,6 кг/га. Причем на участках, где удобрения в почву заделывали дисковыми орудиями, масса активных клубеньков нута при переходе с неудобренных на удобренные участки снизилась в среднем на 75,8 кг/га. Таким образом, инокуляцию семян нута клубеньковыми бактериями целесообразно проводить при сочетании внесения минеральных удобрений с обработкой почвы плоскорезом-удобрителем. Заделка удобрений в почву плоскорезом-удобрителем позволяет вносить удобрения на глубину 0,3 м, чем снижается отрицательное влияние азота на развитие азотофиксирующего симбиоза. При этом за счет функционирования нутового симбиоза восполняется потребление в среднем 132 кг/га азота.

Внесение минеральных удобрений дозой $N_{60}P_{20}K_{20}$ сопровождается увеличением продолжительности вегетационного периода (в среднем на 1 сутки), максимальной площади листьев (на 0,3—4,2 тыс. $m^2/га$); на 29—138 тыс. m^2 дней/га возрастает фотосинтетический потенциал посева, на 0,1—0,58 $г/м^2$ в сутки повышается чистая продуктивность фотосинтеза. Переход с дискования на глубокую (0,3 м) безотвальную обработку почвы позволил на 0,2—1,1 тыс. $m^2/га$ увеличить максимальную площадь листьев; при этом на 18—141 тыс. m^2 дней/га увеличился фотосинтетический потенциал посева и на 0,04—0,42 $г/м^2$ в сутки возросла чистая продуктивность фотосинтеза. Максимальные значения из приведенных интервалов характерны для ранних (11—21 апреля) посевов нута. При посеве нута 1—11 мая положительный эффект от внесения удобрений и способа обработки почвы

незначителен (по максимальной площади листьев, 0,2—1,1 тыс. м²/га, в пределах НСР₀₅ = 1,2—1,7 тыс. м²/га), а в сравнении с ранними посевами все показатели фотосинтетической деятельности (максимальная площадь листьев, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза) снижаются на 4—22%.

Исследованиями установлено, что накопление сухого вещества в посевах нута на уровне 4,0 т/га обеспечивает урожайность зерна до 1,5 т/га. При накоплении около 4,6 т/га сухого вещества обеспечивается урожайность нута на уровне 1,8 т/га, а формирование урожайности зерна на уровне 2,5 т/га требует накопления не менее 5,6 т/га сухого вещества (табл. 1).

Максимальная урожайность нута, 2,17—2,50 т/га, в рисовых чеках обеспечивается при совмещении удобрения нута (N₆₀P₂₀K₂₀) с плоскорезной обработкой почвы на глубину 0,3 м и проведением посева не позднее 21 апреля (табл. 1). При переходе с глубокого безотвального рыхления почвы (слой 0,3 м) на обработку дисковыми орудиями (слой рыхления 0,10—0,12 м) без изменения прочих приемов возделывания урожайность нута снижалась до 1,58—1,75 т/га.

Исследованиями получены зависимости урожайности зерна нута от срока посева и вероятности обеспечения вегетационного периода атмосферными осадками. Фактически использование вероятности обеспечения вегетационного периода атмосферными осадками в качестве критерия влагообеспеченности нута позволяет рассчитать, с какой вероятностью может быть обеспечен заданный уровень продуктивности посева при различных сочетаниях срока посева, способа обработки почвы с применением минеральных удобрений или на фоне естественного плодородия почвы. Зависимости имеют следующий общий вид:

$$Y_{\text{Вс}i} = C + k_1 \cdot P + k_2 \cdot A + k_3 \cdot P^2 + k_4 \cdot A^2 + k_5 \cdot P \cdot A,$$

где $Y_{\text{Вс}i}$ — урожайность зерна нута при i -том сочетании факторов обработки почвы и внесения удобрений; P — вероятность поступления заданного уровня атмосферных осадков в течение вегетационного периода нута; A — срок посева нута, причем $A = 0$ — посев 11.04; $A = 1$ — через декаду, 21.04; $A = 2$ — посев 01.05; $A = 3$ — посев 11.05; C — свободный член полиномиального уравнения; k_i — коэффициенты, которые определены экспериментально (табл. 2).

Решение зависимости хорошо согласуется с экспериментальными данными и показывает, что при сочетании операций внесения минеральных удобрений и плоскорезной обработки почвы глубокорыхлителем-удобрителем в ранних посевах нута (11 апреля) с вероятностью около 80% можно рассчитывать на урожай нута 2,17 т/га, в половине случаев — до 2,5 т/га зерна.

С экономической точки зрения удобрение нута выгодно совмещать с плоскорезной обработкой почвы глубокорыхлителем-удобрителем, а на неудобренном фоне проводить дискование почвы на глубину 0,10—0,12 м. При этом в ранних посевах (11—21 апреля) в первом случае реализация потенциальных инвестиционных проектов обеспечивает максимум чистого дисконтированного дохода (1308,8 тыс. руб. за год на 300 га), а во втором — наибольший индекс доходности дисконтированных затрат (1,37).

Инвестиции на приобретение орудия глубокой безотвальной обработки почвы с возможностью внесения минеральных удобрений (расчеты проведены на примере серийной машины ГУН 4) в первый же год окупаются уже при посевной площади нута 20 га.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Бородычев В.В., Подольская Т.В., Адыев С.Б., Ляпкосова И.А.* Возделывание нута в рисовых чеках // Плодородие. — 2008. — № 6. — С. 31—32.
- [2] *Ляпкосова И.А., Подольская Т.В.* Травмирование семян и качество посевного материала // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных мелиоративных технологий. — Сб. науч. тр. — Рязань, Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии. — 2008. — Вып. 3 — С. 263—267.
- [3] *Подольская Т.В., Бородычев В.В., Адыев С.Б.* Сроки посева и сочетание основных элементов агротехники нута в рисовых чеках // Плодородие. — 2009. — № 4. — С. 37—38.

WATER REGIME AND PRODUCTIVITY OF CHICKPEA IN RICE CHECKS

A.V. Shuravilin

Department of pedology and farming
Russian People's Friendship University
Miklucho-Maklay str., 8/2, Moscow, Russia, 117198

V.V. Boroditchev, S.B. Adjaev, T.V. Podolskaya

The Volgograd complex department
All-Russian scientific research institute of hydrotechny and melioration A.N. Kostiakov
B. Akademicheskaya str., 44, Moscow, Russia, 127550

The technology of cultivation of chickpea in rice cropping system using residual moisture left after the harvesting of rice, in ensuring the formation of 2,5 t/ha of grain was developed. The ways of primary tillage were explored and mold deep loosening of soil to a depth of 0.3 m was suggested. The optimum planting dates of chickpea were determined to ensure rational use of soil moisture reserves.

Key words: chickpea, cultivation, rice cropping system, soil moisture reserves, primary tillage, mold deep loosening of soil.