

## ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ЧИСТЫХ И БИНАРНЫХ ПОСЕВОВ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР НА ЧЕРНОЗЕМАХ КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

*Изучены влагообеспеченность и влагопотребление чистых и бинарных посевов донника и эспарцета на черноземах Красноярской лесостепи. Установлено, что бинарные посева донника и эспарцета 2-го жизни года способствуют увеличению летних запасов влаги в почве. Чистые и бинарные посева эспарцета с ризоторфином формируют наибольшую продуктивность зеленой массы (38–41 т/га) при минимальной величине влагопотребления (303–294 мм) из 0–40 см слоя почвы.*

**Ключевые слова:** чернозем, запас продуктивной влаги, влагообеспеченность, влагопотребление, донник, эспарцет, ризоторфин.

*N.L. Kurachenko, V.L. Kolesnikova, V.S. Sheremetov*

## MOISTURE CLEAN AND BINARY UNDER FODDER CROPS ON CHERNOZEM KRASNOYARSK FOREST

*Studied the moisture content and vlagopotreblenie pure and binary planting clover and sainfoin on chernozem Krasnoyarsk forest. It was found that binary sowing clover and sainfoin 2nd year of life contribute to an increase in summer soil moisture reserves. Clean and binary crops sainfoin with rizotorfina form the largest productivity of green mass (38–41 t/ha) with a minimum amount vlagopotrebleniya (303–294 mm) of 0–40 cm soil layer.*

**Key words:** chernozem, the stock of productive moisture, moisture content, vlagopotreblenie, clover, sainfoin, rizotorfin.

---

**Введение.** Вода является одним из важнейших факторов жизни растений, а влажность почвы – одним из показателей её плодородия. На плодородных черноземах Красноярской лесостепи величина и качество урожая сельскохозяйственных культур определяются влагой, где основным источником поступления её в этой зоне являются атмосферные осадки. Влагообеспеченность растений определяется метеорологическими условиями, способами обработки почвы, особенностями возделывания культур и другими условиями. Высокая насыщенность современных севооборотов зерновыми культурами, а также чистым паром приводит к увеличению техногенной нагрузки на почву, её деградации и большой зависимости от климатических условий. В связи с этим при разработке адаптивных технологий требуется поиск новых научных решений, которые должны базироваться на более полном вовлечении в средо- и почвообразовательный процесс агроэкосистем доступных возобновляемых ресурсов. Построение полевых севооборотов с бинарными посевами в современных условиях позволяет решить проблемы производства зерна, создания устойчивой кормовой базы животноводства и стабилизировать плодородие почвы [1].

**Цель исследований.** Оценить влагообеспеченность и водопотребление чистых и бинарных посевов кормовых культур на черноземах обыкновенных Красноярской лесостепи.

**Объекты и методы исследований.** Исследования проводились в 2013–2014 гг. в полевом опыте лаборатории кормопроизводства Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства. Объект исследования – чернозем обыкновенный маломощный среднесуглинистый Красноярской лесостепи и зернопарокормовой севооборот. Почва опытного участка в слое 0–20 см характеризуется высоким содержанием гумуса (7,9–9,6 %), слабощелочной реакцией среды (рН<sub>N2O</sub> – 7,1–7,8), высокой суммой обменных оснований (40,0–45,2 м-экв/100г). Схема полевого опыта представлена в таблице 1.

Схема полевого опыта

2013 г.	2014 г.	2015 г.
Ячмень	Пар+оз.рожь	Оз.рожь
Ячмень+эспарцет	Эспарцет (п/п)+оз.рожь	Оз.рожь
Ячмень+донник	Донник (п/п)+оз.рожь	Оз.рожь
Ячмень+эспарцет+ризоторфин	Эспарцет (п/п)+оз.рожь+ризоторфин	Оз.рожь
Ячмень+донник+ризоторфин	Донник (п/п)+оз.рожь+ризоторфин	Оз.рожь
Эспарцет	Эспарцет+оз.рожь	Оз.рожь
Эспарцет+ризоторфин	Эспарцет+оз.рожь+ризоторфин	Оз.рожь
Донник	Донник+оз.рожь	Оз.рожь
Донник+ризоторфин	Донник+оз.рожь+ризоторфин	Оз.рожь

Примечание: п/п – подпокровный.

Размещение вариантов опыта систематическое, повторность опыта 4-кратная. Общая площадь делянки 150 м<sup>2</sup>, учетная 60 м<sup>2</sup>. В эксперименте возделывали ячмень сорта Соболек, эспарцет песчаный Михайловский 5, донник желтый КАТЭК, озимую рожь Красноярскую универсальную.

Отбор образцов на влажность проводили в 0–40 см слое почвы. Срок отбора образцов в 2013 году – сентябрь; в 2014 году – май–сентябрь. Влажность определяли термовесовым методом [2]. Первый укос зеленой массы многолетних трав второго года жизни проведен 02.07.2014, второй укос – 11.08.2014. Полученные результаты обрабатывали методами дисперсионного анализа и описательной статистики [5].

Погодные условия вегетационного периода 2014 года характеризуются избыточным увлажнением в мае–августе (среднее превышение нормы на 27–39 мм) и резким снижением количества осадков в сентябре (16 мм ниже нормы). Весна была холодной, средняя температура мая 7,3 °С, что ниже нормы на 2,7 °С. В остальные месяцы вегетационного периода температура атмосферного воздуха была на уровне среднемноголетнего показателя.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Для получения высоких урожаев необходимо обеспечить жизненную потребность культурных растений в воде, поэтому одной из основных задач земледелия является создание водного режима почв, соответствующего требованиям культур. В условиях сельскохозяйственного производства основной интерес представляет та часть почвенной влаги, которая обладает лабильностью, достаточной не только для поддержания жизни культурных растений, но и для создания надлежущего урожая [3].

В результате проникновения в почву атмосферных осадков, накопления их в толще почвы в силу водоудерживающей способности, перераспределения воды под влиянием сорбционных и капиллярных явлений, а также процессов испарения воды из почвы, в ней в каждый момент сохраняется определенное количество влаги, которое и характеризует влажность почвы. Влажность почвы непрерывно меняется во времени. Исследования, проведенные в чистых и бинарных посевах кормовых культур, показали, что влажность чернозема обыкновенного в слое 0–40 см варьировала от незначительного до среднего уровня ( $V=9-21\%$ ). При этом абсолютная влажность почвы в вегетационный сезон 2014 года не превышала 34 %. Учет запасов влаги, накопленной в слоях 0–20 и 20–40 см к началу вегетационного периода, свидетельствует о хорошей и удовлетворительной влагообеспеченности черноземов (34–45 и 34–42 мм соответственно) (табл.2).

Решающее влияние на величину основного запаса влаги оказывают осадки осеннего и зимнего периодов. Учет продуктивных запасов влаги, проведенный к концу вегетации сельскохозяйственных культур в 2013 году, показал удовлетворительную влагообеспеченность посевов. В этот период максимальные запасы влаги сформировались в посевах ячменя; в бинарных посевах ячменя и донника и на варианте ячмень+донник+ризоторфин (35 мм) [10]. Исследованиями установлено, что максимальные запасы продуктивной влаги в слое 0–20 см в течение вегетационного сезона формируются в паровом поле (39 мм) и при выращивании донника под покровом ячменя (39 мм в слое 0–40 см). Обработка семян донника ризоторфином и его возделывание в чистом виде достоверно снижают запас продуктивной влаги до 28–29 мм. Иссущающее действие донника с ризоторфином

отмечается в течение всего периода вегетации, но более заметно оно проявляется в августовский период, где установлено достоверное снижение влажности почвы до 19–18 % ( $HCp_{05}=1,4-4,8$ ).

Таблица 2

Динамика запасов продуктивной влаги в 2014 году, мм

Агроценоз	20.05	10.06	22.07	26.08	18.09	Среднее за сезон
<i>0–20 см</i>						
Пар+оз.рожь	47,8	45,3	30,0	28,3	41,8	38,6
Эспарцет (п/п)+оз.рожь	36,3	35,0	33,8	27,2	41,2	34,7
Донник (п/п)+оз.рожь	44,1	42,4	33,9	27,1	47,1	38,9
Эспарцет (п/п)+оз.рожь+ризоторфин	40,3	42,8	30,4	22,1	42,2	35,6
Донник (п/п)+оз.рожь+ризоторфин	44,5	42,3	34,4	25,9	41,6	37,7
Эспарцет+оз.рожь	40,0	37,1	36,5	24,1	35,2	34,6
Эспарцет+оз.рожь+ризоторфин	35,6	34,1	32,4	21,8	41,8	34,6
Донник+оз.рожь	36,0	34,6	29,3	23,1	43,9	33,4
Донник+оз.рожь+ризоторфин	35,0	33,6	25,2	17,8	30,4	28,4
<i>20–40 см</i>						
Пар+оз.рожь	35,1	40,6	28,2	31,2	39,8	35,0
Эспарцет (п/п)+оз.рожь	38,1	36,2	32,3	31,0	45,2	36,6
Донник (п/п)+оз.рожь	43,9	42,3	39,2	28,0	39,5	38,6
Эспарцет (п/п)+оз.рожь+ризоторфин	41,1	40,6	28,5	24,8	38,6	34,7
Донник (п/п)+оз.рожь+ризоторфин	42,2	41,4	26,5	23,5	34,9	33,7
Эспарцет+оз.рожь	37,3	37,2	33,9	25,5	39,8	34,7
Эспарцет+оз.рожь+ризоторфин	35,8	35,3	30,4	22,2	38,4	32,4
Донник+оз.рожь	35,9	35,3	28,9	24,1	39,6	32,8
Донник+оз.рожь+ризоторфин	35,3	33,7	27,4	16,1	34,4	29,4
Осадки, выпавшие между сроками определения влажности (мм)	–	49,0	102,0	155,0	14,0	

Эспарцет и донник – культуры малотребовательные к плодородию почвы. Они в процессе эволюции приспособились расти там, где другие растения развиваются плохо. По мнению [1], особого внимания заслуживает донник, который формирует мощную корневую систему на большую глубину, из которой он активно поглощает влагу и питательные вещества. Обработка семян ризоторфином стимулирует развитие корневой системы донника в беспокровных посевах, что оказывает иссушающее действие на пахотные и подпахотные слои чернозема обыкновенного.

Состояние, движение и доступность почвенной влаги для растений зависят от комплекса природных и антропогенных факторов. Параметры природной среды можно подразделить на три взаимосвязанные между собой группы, характеризующие различные части системы почва-растение-атмосфера [7]. Это факторы, определяемые почвенными условиями, биологическими и физиологическими особенностями растений и метеорологическими параметрами и их сочетанием во времени и пространстве. Влагообеспеченность посевов, оцениваемая по количеству продуктивной влаги в почве ко времени посева и по осадкам за вегетационный период, показывает, что короткий период парования чернозема обыкновенного (до посева озимой ржи) малоэффективен для накопления влаги в почве. Осадки вегетационного периода значительно дополняют весенние запасы продуктивной влаги в почве, и среднегодовая влагообеспеченность парового поля составила 386 мм в слое 0–40 см (табл.3). Доля осадков во влагообеспеченности поля пара, чистых и бинарных посевов кормовых культур составляет 77–81 %. Установлено, что при функционировании чистых посевов эспарцета, донника и при их обработке ризоторфином, а также бинарных посевов эспарцета доля осадков во влагообеспеченности посевов повышается до 80–81 %.

Таблица 3

## Влагообеспеченность чистых и бинарных посевов кормовых культур (0–40см), мм

Агроценоз	Запас влаги		Осадки периода вегетации	Влагообеспеченность
	Весенний	Летний		
Пар+оз.рожь	83	71	303	386
Эспарцет (п/п)+оз.рожь	74	71	303	377
Донник (п/п)+оз.рожь	88	75	303	391
Эспарцет (п/п)+оз.рожь+ризоторфин	81	68	303	384
Донник (п/п)+оз.рожь+ризоторфин	87	68	303	390
Эспарцет+оз.рожь	77	67	303	380
Эспарцет+оз.рожь+ризоторфин	71	64	303	374
Донник+оз.рожь	72	65	303	375
Донник+оз.рожь+ризоторфин	70	55	303	373

Накопление и сохранение запасов влаги в бинарных посевах донника 2-го года жизни, бинарных посевах донника с ризоторфином и бинарных посевах эспарцета с ризоторфином, на наш взгляд, обусловлено наличием стерневых остатков на поверхности почвы после уборки ячменя. Согласно результатам исследований научных учреждений Поволжья, присутствие стерневых остатков на поверхности поля или в частично перемешанном в верхнем слое почвы виде уменьшает испарение на 5–10 %, а интенсивность удельного испарения – на 0,01–0,02 мм/ч [9].

Растения расходуют почвенную влагу посредством транспирации. Одновременно почва теряет влагу за счет испарения с поверхности. В соответствии с современными представлениями, влагопотребление – это расход воды на транспирацию и испарение с поверхности почвы при бесперебойном притоке влаги и воздуха к корневой системе растений, находящихся в определенном сообществе [8]. Исследованиями установлено, что суммарное водопотребление чистых и бинарных посевов кормовых культур оценивается на уровне 291–313 мм, в том числе из почвы – 21–30 % (рис.1). По мнению [4], во влажные годы суммарное влагопотребление увеличивается, а доля почвенной влаги в нем снижается. В засушливых условиях участие почвенной влаги в создании урожая возрастает, а общий расход влаги снижается.

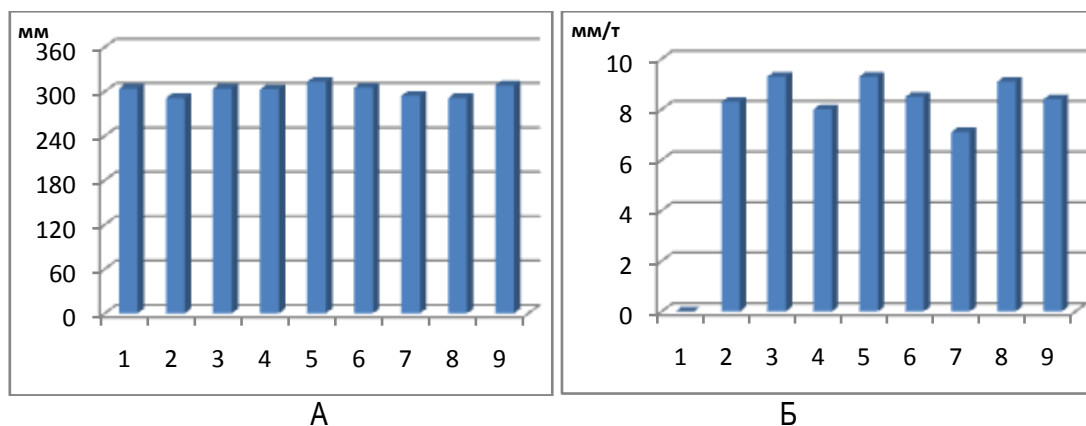


Рис.1. Влагопотребление (мм) (А) и коэффициент эвапотранспирации (мм/т) (Б) на вариантах опыта: 1 – пар+озимая рожь; 2 – эспарцет (п/п)+озимая рожь; 3 – донник (п/п)+озимая рожь; 4 – эспарцет (п/п)+озимая рожь+ризоторфин; 5 – донник (п/п)+озимая рожь+ризоторфин; 6 – эспарцет+озимая рожь; 7 – эспарцет+озимая рожь+ризоторфин; 8 – донник+озимая рожь; 9 – донник+озимая рожь+ризоторфин

Максимальное влагопотребление на черноземах обыкновенных Красноярской лесостепи отмечается при бинарном возделывании донника с ризоторфином (313 мм). Формирование надземной фитомассы здесь определяется преимущественно летними осадками, так как участие почвенной влаги в водопотреблении составляет 25 %. Средний расход влаги на 1 т зеленой массы кормовых культур (коэффициент эвапотранспирации) составляет 7,1–9,3. Установлено, что расход воды на формирование урожая зависит от биологических особенностей культур и технологии их возделывания. Так, коэффициент эвапотранспирации в чистых и бинарных посевах донника оценивается на уровне 8,4–9,3. Эспарцет по сравнению с донником более экономно расходует продуктивную влагу из слоя 0–40 см (7,1–8,5). Результаты исследований [6] показывают, что эспарцет способствует более экономному расходованию атмосферных осадков и повышает экономическую эффективность использования пашни. В нашем случае обработка семян эспарцета ризоторфином снижает коэффициент водопотребления этой культуры до 7,1–8,0.

Анализ урожайности культур зернопарокормового севооборота показал высокую продуктивность чистых и бинарных посевов эспарцета с ризоторфином (рис.2). В среднем за вегетационный сезон 2014 года по двум укосам она составила 38,0–41,3 т/га.

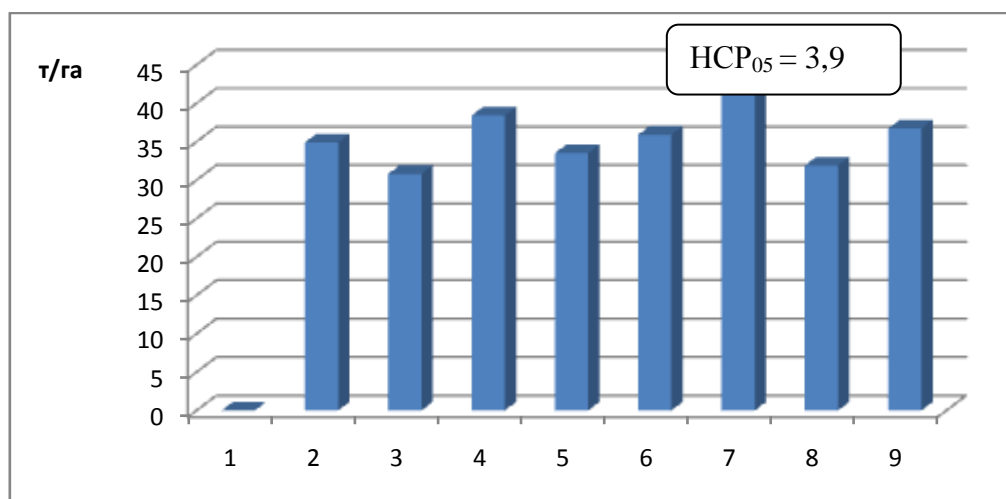


Рис.2. Урожайность зеленой массы кормовых культур на вариантах опыта: 1 – пар+озимая рожь; 2 – эспарцет (n/n)+озимая рожь; 3 – донник (n/n)+озимая рожь; 4 – эспарцет (n/n)+озимая рожь+ризоторфин; 5 – донник (n/n)+озимая рожь+ризоторфин; 6 – эспарцет+озимая рожь; 7 – эспарцет+озимая рожь+ризоторфин; 8 – донник+озимая рожь; 9 – донник+озимая рожь+ризоторфин

Важно отметить, что на этих вариантах опыта отмечается минимальное влагопотребление и низкий коэффициент эвапотранспирации. В чистых и бинарных посевах донника урожайность ниже, чем у эспарцета, и имеет близкие величины (33–32 т/га). Обработка семян ризоторфином увеличивает продуктивность зеленой массы донника на 1–5 т/га. Увеличение продуктивности кормовых культур, на наш взгляд, обусловлено тем, что основу ризоторфина составляют клубеньковые бактерии, которые способны вступать в симбиоз с бобовым растением. В результате на корнях образуются клубеньки, обладающие способностью к фиксации молекулярного азота из воздуха и переводу его в доступную для растений форму. Благодаря этому уникальному процессу растение получает из воздуха необходимое количество азота для своего роста и развития пролонгированно на протяжении всего периода вегетации. Данный процесс позволяет растениям становиться «само-

достаточными» по данному элементу питания. Можно предположить, что на вариантах с ризоторфином поглощение нитратного азота проходило интенсивнее, чем на остальных вариантах опыта.

### Выводы

1. Черноземы обыкновенные Красноярской лесостепи, функционирующие в условиях зернопарокормового севооборота, характеризуются хорошими и удовлетворительными запасами продуктивной влаги в течение вегетационного сезона 2014 года. Максимальные летние запасы влаги в слое 0–40 см формируются в паровом поле и в бинарных посевах донника и эспарцета 2-го года жизни (71–75 мм).

2. Возделывание бинарных посевов донника и применение на них ризоторфина способствуют улучшению влагообеспеченности почвы до 390–391 мм при доле осадков во влагообеспеченности посевов 77–78 %. Чистые и бинарные посева эспарцета с ризоторфином определяют наибольшую продуктивность зеленой массы (38–41 т/га), сформировавшейся при минимальном влагопотреблении (294–303 мм) и низких коэффициентах эвапотранспирации (7,1–8,0).

### Литература

1. Авдеевко А.П., Зеленский Н.А., Зеленская Г.М. Роль бобовых культур в биологизации земледелия // Успехи естествознания. – 2005. – № 8. – С. 52–53.
2. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. – Л.: Колос, 1986. – 350 с.
3. Вериго С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага и её значение в сельскохозяйственном производстве. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 288 с.
4. Глухих М.А. Влага черноземов Зауралья и пути её эффективного использования. – Челябинск, 2003. – 358 с.
5. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – 319 с.
6. Эффективность занятого эспарцетом пара в крайне засушливой зоне Ставропольского края / В.К. Дригидер, М.П. Жукова, А.А. Федотов [и др.] // Вестник АПК Ставрополья. – 2014. – № 2. – С. 160–163.
7. Муромцев Н.А. Оценка влагообеспеченности растений // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 2011. – Вып. 67. – С. 20–31.
8. Петрушенко В.Д. Влагообеспеченность сельскохозяйственных культур в летний период и возможности её прогноза в Нечерноземной зоне европейской территории Союза: дис. ... канд. геогр. наук. – Л., 1984. – 164 с.
9. Чуданов И.А., Лигостаева Л.Ф. Оптимизация режима влажности черноземных почв при ресурсосберегающих технологиях // Достижения науки и техники АПК. – 2007. – № 8. – С. 21–23.
10. Шереметов В.С. Агрофизическое состояние чернозема Красноярской лесостепи в бинарных посевах кормовых культур // Экологические альтернативы в сельском и лесном хозяйстве. – Красноярск, 2014. – С. 35–39.

