

Проблема 7. ОРОШЕНИЕ ЛУГОВ

Орошаемые луга позволяют обеспечить животноводство обильным кормом независимо от метеорологических условий.

Во второй половине XX века в Советском Союзе широкое распространение получили разборные трубопроводы РТ-180 с гидрантами для орошения дальнеструйными агрегатами ДД-45 и ДД-70. Однако трактора с дождевальными агрегатами при своем движении деформировали разложенные на земле разборные трубопроводы. Поэтому трубопроводы стали подобно дренажу закапывать в землю и наружу от них выходили гидранты для орошения. В связи с этим расходы на орошение возросли, а объемы орошаемых лугов снизились.

В руководстве мелиорацией возникла мысль, что мы занимаемся совершенствованием "велосипедов", а за рубежом огромные площади полей и лугов орошают широкозахватные дождевальные агрегаты. По срочному заданию руководства было налажено серийное производство зарубежных моделей дождевальной техники, получивших отечественные названия "Фрегат" и "Волжанка". Однако с применением этих агрегатов возникли осложнения. Орошению пастбищ препятствовало широко внедряемое загонное их использование.

Орошение лугов, в основном, приурочено к поймам рек, как источникам водоснабжения. А широкозахватная оросительная техника для своего применения требует выровненной поверхности. Между тем, центральная часть поймы рек характеризуется беспокойным гривисто-лощинным рельефом, потому лишь в редких случаях пригодна для размещения такой техники.

В связи с настоятельным требованием руководства по внедрению широкозахватной оросительной техники на лугах развернулись работы по планировке рельефа центральной части поймы. Это привело к резкому снижению плодородия лугов, поскольку с грив песчаный русловой аллювий перемещался на более плодородные прилегающие понижения. После нашей публикации "Сверху не все видно" в районной газете (позднее перепечатанной в центральной газете "Советская Россия") работы по планировке лугов в поймах рек были свернуты. В итоге наиболее подходящими для размещения широкозахватной оросительной техники оказались относительно выровненные притеррасные низины, а в качестве обоснования для такого размещения выдвигалось будто бы наличие дефицита влаги в остро засушливые годы. Так в Окской пойме в правобережном притеррасье Дединовского расширения были размещены "Фрегат» и "Волжанка". Летом они скрылись в высоких зарослях канареечника и стали непреодолимым препятствием для сенокосения.

90 -е годы положили конец этим "экспериментам" и особых сожалений по этому поводу нет. Но в настоящее время в связи с необходимостью собственного производства мяса и молока (в соответствии с политикой импортозамещения) орошение лугов в той или иной степени становится актуальным. Однако стратегия орошения лугов требует экосистемного пересмотра.

Стратегия сводится к определению объекта орошения. Луга разделяются на 2 основные категории: пастбища и сенокосы. В течение пастбищного периода надои молока и привеса животных обеспечиваются пастбищами, а в стойловый период - сенокосами. Массу сена можно регулировать по годам, имея запасы сена в сенохранилищах. При этом в неурожайные годы можно использовать избыток сена, полученный в более урожайные годы, поэтому орошение сенокосов в условиях России не является актуальным, тем более, что сенокосы, как правило, приурочены к более увлажненным местам. В противоположность этому, дефицит корма на пастбищах ничем компенсировать нельзя, поскольку пастбища приурочены к более суходольным местоположениям. В связи с этим, именно пастбища являются главным и, по сути дела, единственным объектом орошения лугов в условиях России.

В природных условиях пастбища имеют более низкую урожайность по сравнению с сенокосами. Однако благодаря преобладанию в них злаков высокой пастбищной отавности они имеют преимущество перед сенокосами, в которых преобладают верховые злаки, непригодные для постоянного стравливания и затаптываемые скотом в случае выпаса.

В условиях Окской поймы к типично пастбищным травостоям следует отнести краткостебельные, в той или иной степени, остепненные луга:

1. Серебристолапчатково-раннеосочково-наземнейниковый с очитком едким;
2. Тысячелистниково-настоящеподмаренниково-клубничный;
3. Красноовсяницево-настоящеподмаренниково-клубничный.

Под воздействием выпаса из травостоев этих трех типов краткостебельных лугов исчезают плохо поедаемые скотом виды трав (вейник наземный, подмаренник настоящий, клубника зеленая и др.). А полное преобладание получают хорошо поедаемые на пастбище низовые злаки. При использовании орошения на этих пастбищах, важно наличие в их травостоях таких видов как ежа сборная и клевер ползучий (хотя бы в незначительном количестве), которые при орошении резко увеличивают свое обилие. При этом, для разрастания ежи сборной в раннеосочковых травостоях необходимо внесение полного удобрения (NPK), поскольку ежа является одновременно и азотолюбивым и калиелюбивым видом, положительно реагирующим на азот лишь при обеспечении его калием и фосфором (Куркин, 1973). В отличие от ежи для разрастания клевера ползучего на фоне орошения достаточно внести лишь фосфорно-калийные удобрения без азота (Куркин, Бобнева, 1974; Куркин Медведева, Бобнева, 1975б). Наряду с орошением остепненных лугов, обладающих под воздействием выпаса высокими кормовыми качествами, но невысокой продуктивности, целесообразно создавать более высокопродуктивные травостои только из полуверховых злаков (при полном отсутствии низовых злаков, являющихся антагонистами полуверховых), посредством коренного улучшения. Травостои этих чисто полуверховых злаков при орошении необходимо подтравливать, вызывая их интенсивное кущение и препятствующее переходу укороченных побегов в генеративное состояние (Куркин, Якушев, 1984).

Разработка рациональных режимов орошения сводится к поискам оптимальных значений двух основных параметров: мощности, так называемого, расчетного или активного (увлажняемого при орошении) слоя почвы и оптимальных пределов его увлажнения, причем совершенно очевидно, что при разработке режимов орошения необходимо сначала определить мощность расчетного слоя почвы и лишь затем искать оптимальные пределы его увлажнения. Однако в орошаемом луговодстве фактический ход исследований имел противоположную направленность - мощность расчетного слоя почвы была произвольно принята равной 30 см для всех почвенных разностей и всех видов злаковых трав. В расчете только на этот слой и испытывалась эффективность режимов орошения с различными предполивными порогами.

По данным Эстонской сельскохозяйственной академии и Мещерского филиала ВНИИГиМ, рациональная мощность расчетного слоя неодинакова для различных типов почв и соответствует мощности плодородного гумусового горизонта, определяющего глубину размещения корневых систем: для супесчаных почв расчетный слой целесообразно принимать равным 0...30 см, для легкосуглинистых - 0...35 см, для среднесуглинистых - 0...40 см, для тяжелосуглинистых - 0...45 (50) см (Сау, Вильрайт, 1974). Однако таких рекомендаций по типам почв недостаточно, поскольку на одной и той же почвенной разности для различных видов и сортов трав оптимальная мощность расчетного слоя будет различной. Экспериментально определить оптимальную мощность расчетного слоя практически невозможно, так как в опытах мы оперируем нормами и сроками поливов, а они связаны и с мощностью расчетного слоя почвы и с пределами его оптимального увлажнения. Академик А.Н. Костяков еще в 1951 г. указал путь прямого определения мощности расчетного слоя: в нем должно размещаться не менее 90% общей корневой массы орошаемой культуры (Костяков, 1951). Таким образом, прямой способ определения мощности расчетного слоя почвы при орошении трав заключается в исследовании послойного распределения в почве их корневой массы. Для злаковых трав приближенно можно принять, что в метровом слое почвы заключается почти 100% их общей корневой массы. В соответствии с этим за расчетный можно принять тот слой почвы, в котором заключается 90% общей корневой массы, т.е. слой 0...100 см.

Подземная масса подопытных видов трав и ее вертикальное распределение в метровом слое почвы изучались нами в 1980 г. (на третий год пользования травами) методом послойного взятия монолитов (Шалыт, 1960). Как показывают данные таблицы 1, наиболее глубокое размещение корневых систем имел кострец безостый: в слое 0...40 см у него размещалось 83% его общей подземной массы и в слое 0...60 см - 90%. Таким образом, судя по размещению корневых систем, для костреца безостого в условиях подопытных аллювиальных почв тяжелосуглинистого механического состава за расчетный целесообразно принять слой 0...60 см (Куркин, Медведева, Кузьменко, 1982).

По глубине размещения подземной массы из подопытных трав овсяница луговая занимала среднее положение. У нее 90% общей подземной массы размещалось в слое 0...40 см, поэтому этот слой и следует принять для нее за расчетный.

Наиболее мелкое размещение подземной массы обнаружено у ежи сборной (Дединовская 4): в слое 0...40 см у нее располагается 95% общей подземной массы. Поэтому для ежи сборной в данных условиях вполне достаточна мощность расчетного слоя, равная 0...35 см. Таким образом, судя по размещению корневых систем, на одной и той же почвенной разности рациональная мощность расчетного слоя в зависимости от вида (и сорта) трав может различаться по меньшей мере в два раза: от 30 см (для ежи сборной), до 60 см (для костреца безостого).

Результаты опытов с режимами орошения и оценка их экономической эффективности подтверждают рациональность установленных таким образом величин расчетных слоев почвы. Схема опыта включала два режима орошения с увлажнением слоя 0...40 см и 0...60 см. Поливы проводились при снижении влажности расчетных слоев почвы до 75...80% НВ (наименьшая влагоемкость) с доведением ее в результате поливов до 100% НВ.

Таблица 1

Послойное распределение корневой массы различных видов трав (1980 г.)

Глубина, см	Ежа сборная		Овсяница луговая		Кострец безостый	
	ц/га	%	ц/га	%	ц/га	%
0...10	111,8	68,4	117,9	64,1	82,4	53,4
10...20	28,3	17,4	27,7	15,0	18,9	12,2
20...30	10,7	6,6	13,6	7,4	16,2	10,5
30...40	4,1	2,5	6,9	3,7	11,4	7,4
40...50	2,6	1,6	4,0	2,2	6,3	4,1
50...60	2,0	1,2	4,3	2,3	4,6	3,0
60...70	1,7	1,1	3,7	2,0	4,0	2,7
70...80	1,4	0,8	2,2	1,2	4,0	2,6
80...90	0,4	0,3	1,4	0,8	3,4	2,3
90...100	0,3	0,2	2,4	1,3	2,7	1,8
0...100	163,4	100	184,1	100	153,9	100
0...60	159,6	97,7	174,4	94,7	139,4	90,6
0...40	155,0	91,8	166,0	90,2	128,5	83,5

У неглубоко укореняющейся ежи сборной в 1979 г. при орошении с расчетным слоем 0...40 см урожай был на 13 ц/га сена выше, чем при орошении с расчетным слоем 0...60 см (162 и 149 ц/га соответственно). Урожайность овсяницы луговой при мощности расчетного слоя почвы 0...40 см составила 125 ц/га и при 0...60 см - 131 ц/га. У глубоко укореняющегося костреца безостого при

орошении с расчетным слоем 0...40 см урожай был на 20 ц/га сена ниже, чем при расчетном слое 0...60 см (134 и 154 ц/га соответственно).

Следовательно, при относительно глубоком уровне грунтовых вод, определение послойного размещения корневой массы орошаемых трав можно рекомендовать в качестве основного способа нахождения требуемой мощности расчетного слоя.

Влажность расчетного слоя почвы при орошении оценивается в процентах от, так называемой, наименьшей влагоемкости (НВ). В период орошения влажность расчетного слоя варьирует от максимума (сразу после полива) и до минимума (перед каждым поливом). После полива влажность расчетного слоя должна достигать 100% НВ, а перед каждым поливом снижаться до, так называемой влажности замедления роста (ВЗР). Проведенные нами исследования динамики ВЗР в пределах цикла стравливания (при позагонной системе стравливания), по специально разработанной методике, показали кратковременные циклические изменения ВЗР в зависимости от динамики отрастания трав и уровня их азотного питания (Куркин, 1974). Однако для практики орошения более важна зависимость ВЗР от типа механического состава почвы и ботанического состава травостоя. На песчаных почвах крайне чувствителен к снижению предполивной влажности типчак (*Festuca valesiaca*), который «выгорает» (засыхает) при падении влажности корнеобитаемого слоя. Также весьма требователен к частым поливам клевер ползучий. Поэтому при обилии этих двух видов предполивная влажность их расчетного слоя не должна снижаться ниже 85% НВ. В противоположность этому, кострец безостый, благодаря своему глубокому укоренению, допускает снижение влажности своего корнеобитаемого слоя, равного 60 см, до 70-75% НВ. Глубоко укореняющаяся люцерна серповидная, вообще, отрицательно реагирует на орошение, ввиду ухудшения послеполивной аэрации нижних слоев почвы. Для средне укореняющихся полуверховых злаков нижний предел предполивной влажности расчетного слоя лежит посередине и составляет около 80% НВ.

Влажность замедления роста неорошаемых пастбищ составляет, в среднем, 65% НВ, благодаря обильному развитию корневых волосков. При этом следует учитывать, что орошение тормозит развитие корневых волосков и потому орошаемые травостои при нарушении режима их орошения реагируют резким снижением урожайности их травостоя (Куркин, Медведева, Бобнева, 1975а).

Нормой полива именуется количество воды, которое необходимо для повышения влажности расчетного слоя от предполивного порога до 100% НВ. Величина нормы полива определяется величиной расчетного слоя и его влагоемкостью. Влагоемкость, в основном, определяется механическим (гранулометрическим) составом почвы. Для посевов полуверховых злаков на тяжелосуглинистых почвах краткочесных пастбищ норма поливов составляет 350 м³/га, что эквивалентно 35 мм осадков. А на природном пастбище с песчаной почвой и обилием осочки ранней норма полива составляет всего 150 м³/га, что связано с крайне низкой влагоемкостью песчаных почв. Поэтому на этих пастбищах поливы приходится проводить в 2 с лишним раза чаще, чем на

тяжелосуглинистых почвах.

Определение межполивного периода исходит из баланса между расходом влаги пастбищем (водопотребления) и его пополнением с осадками и капиллярным подпитыванием из грунтовых вод. Поскольку пастбища целесообразно размещать на повышенных местоположениях с относительно глубоким уровнем грунтовых вод, капиллярное подпитывание на них практически отсутствует. И это позволяет вычислять межполивной период без капиллярного подпитывания, используя упрощенную формулу Н.Н. Иванова (Андреев, Тюльдюков, Прудников, 1975). Оценка водопотребления пастбищ по величине испарения с открытой водной поверхности очень удобна, но травостои орошаемых пастбищ расходуют влагу, в основном, не за счет испарения, а за счет транспирации. Однако определение величины транспирации травостоями по методике быстрого срезания листьев по данным Свешниковой является непригодным (Свешникова, 1959).

Поэтому мелиораторы вынуждены определять водопотребление пастбищ по величине испарения с открытой водной поверхности, внося в нее различные поправочные коэффициенты. Между тем, испарение с открытой водной поверхности процесс физический, а транспирация пастбища - физиологический. В связи с этим, целесообразно суммарное водопотребление пастбища (эвапотранспирацию) определять непосредственно.

В наших опытах послойные определения влажности почвы проводились ежедекадно, а также перед и после каждого полива — до глубины 60 см. Кроме того, ежемесячно так же послойно определяли влажность почвы до глубины 100 см для контроля за водообменом между расчетным слоем и нижележащими (Куркин, Медведева, 1979).

Как показывают данные (табл. 2), сезонное водопотребление орошаемого пастбища (май — сентябрь) в среднем за шесть лет составило 490 мм с колебаниями по годам от 400 до 620 мм.

Таблица 2

Сезонное (май — сентябрь) водопотребление орошаемого пастбища и сезонная испаряемость в 1971—1976 гг.

Годы	Метеопараметры периода вегетации			Водопотребление (E)	Испаряемость (E ₀)
	t°С	относит. влажность воздуха (%)	осадки (мм)	мм	
1971	14,7	62	220	456	466
1972	18,0	60	192	620	650
1973	14,6	71	320	447	417
1974	15,1	73	310	447	393
1975	16,5	64	180	564	536
1976	13,1	76	305	404	311
Среднее за 1971 — 1976				489	463

Как показывают данные табл. 2, среднемноголетнее сезонное водопотребление было немного (примерно на 30 мм) выше, чем сезонная испаряемость. Изменения по годам величины водопотребления орошаемых травостоев оказались значительно (на 120 мм) меньше амплитуды колебаний испаряемости: в условиях аномальной атмосферной засухи 1972 г., когда физическая испаряемость была максимальной, водопотребление орошаемого пастбища «отставало» от него, а в условиях прохладного лета 1976 г. с высокой относительной влажностью воздуха, когда испаряемость была минимальной, водопотребление пастбища, напротив, превышало ее почти на 100 мм.

Анализ данных по годам показал, что в отдельные годы водопотребление может в 1,5 раза и даже более превышать испаряемость, и наоборот. Закономерности водопотребления орошаемых травостоев и физической испаряемости различны, и необходимо выявить специфические (экологические) связи водопотребления орошаемых пастбищ с условиями среды.

Мы сконцентрировали свое внимание на анализе зависимости водопотребления (эвапотранспирации) орошаемых пастбищ от температуры и относительной влажности воздуха, а также «от влажности почвы».

Зависимость водопотребления орошаемого пастбища от температуры воздуха выражена очень четко (табл. 3). С ее повышением водопотребление возрастает более резко, чем физическая испаряемость.

Таблица 3

Зависимость суточного водопотребления орошаемого пастбища (мм) от среднесуточной температуры воздуха при различной относительной влажности воздуха (для пастбищ с глубоким уровнем почвенно-грунтовых вод)

Температура воздуха (t °C)	Относительная влажность воздуха (%)	
	60 — 90	40 — 60
5—7	0,97 ± 0,04	—
7—10	1,3 ± 0,11	—
10—13	2,19 ± 0,08	2,86 ± 0,14
13—16	2,64 ± 0,09	—
16—20	3,46 ± 0,01	4,87 ± 0,13
20—23	4,5 ± 0,36	5,4 ± 0,13

Зависимость водопотребления от относительной влажности воздуха также не может быть сведена к аналогичной зависимости физического испарения. Если физическое испарение (с открытой водной поверхностью) обратно пропорционально проценту относительной влажности воздуха во всем

диапазоне ее значений, то водопотребление орошаемого и обильно удобряемого азотом пастбища при повышении относительной влажности воздуха с 60 до 80% практически не снижается, стабилизируясь на одном уровне. Поэтому водопотребление при пониженной относительной влажности воздуха (40—50%) ниже испаряемости, а при повышенной (80%), напротив, явно превышает ее. В последнем случае имеет место «форсирование» транспирации орошаемым травостоем в условиях, которые оптимальны для его роста, но характеризуются низкой испаряемостью.

При определенных метеоусловиях водопотребление орошаемого пастбища — величина весьма переменная, так как влажность почвы не остается постоянной, а периодически изменяется от 75% НВ перед поливом до 100% НВ после него. Воздействие этих изменений влажности почвы на водопотребление пастбища весьма существенно (табл. 4).

Таблица 4

Зависимость среднесуточного водопотребления (в мм) краткопоемного орошаемого пастбища от влажности почвы

Влажность расчетного слоя почвы (0-50 см), % ППВ	Среднесуточное водопотребление, мм	
	t ⁰ от 16 до 20°С при 30-80% отн.вл.воздуха	t ⁰ от 21 до 25°С при 40-50% отн.вл. воздуха
100	4,8 ± 0,20	10,2 ± 0,90
90	4,5 ± 0,15	7,6 ± 0,96
85	4,0 ± 0,30	—
80	3,65 ± 0,27	5,9 ± 0,23
75	2,9 ± 0,10	4,6 ± 0,48
65	2,6 ± 0,13	—

При одних и тех же метеоусловиях оно тем больше, чем выше влажность почвы. Эта закономерность особенно резко выражена в условиях атмосферной засухи: если при оптимальных метеоусловиях суточное водопотребление пастбища после полива, повышающего влажность почвы с 75 до 100% ППВ, возрастает на 1,9 мм (с 2,9 до 4,8 мм), то в условиях атмосферной засухи этот скачок водопотребления составляет 5,6 мм (с 4,6 до 10,2 мм).

Таким образом при благоприятных условиях водопотребление орошаемого травостоя форсируется и обгоняет физическую испаряемость, а при неблагоприятных, наоборот, тормозится и отстает. Так, с повышением температуры, стимулирующим рост травостоя, водопотребление орошаемого пастбища нарастает гораздо более резко, чем физическая испаряемость. С увеличением относительной влажности воздуха физическая испаряемость уменьшается (падая до нуля при 100%), водопотребление же при увеличении относительной влажности от 60 до 80% не изменяется. Поэтому назначение сроков полива орошаемых пастбищ по метеоданным с использованием выявленных нами зависимостей водопотребления от температуры и относительной влажности воздуха отличается большей точностью и, судя по нашим четырехлетним (1974—1977 гг.) данным, не уступает способу назначения поливов по показателям влажности почвы.

Летом при умеренных среднесуточных температурах (16—20°C) и относительной влажности воздуха (80—60%) среднесуточное водопотребление трав будет равным 35 м³/га. В таких условиях при отсутствии осадков межполивной период составит на пастбищах с тяжелыми суглинистыми почвами 8—10 дней (поливная норма 300—350 м³/га), а с супесчаными — 4—6 (поливная норма 150—200 м³/га) (Куркин, Родин, Медведева, 1977).

Таблица 3 была положена нами в основу организации "службы орошения пастбищ". Рязанская районная газета, а потом и областная газета "Приокская правда" еженедельно принимали от местной метеостанции и публиковали на первой странице под рубрикой «Служба орошения пастбищ» недельные данные о количестве осадков и водопотреблении, вычисленном по нашей таблице (исходя из суточных значений температуры и относительной влажности воздуха), а также об изменении запасов влаги в почве (по разности между водопотреблением и осадками). В первых числах месяца публиковались итоговые данные за истекший месяц: водопотребление, количество осадков и изменение запасов влаги. Данные такой «службы орошения» предназначались для пастбищ суходольного типа с уровнем грунтовых вод ниже 2 м.

При соблюдении разработанного нами режима орошения пастбищ с суглинистыми почвами независимо от погодных условий они давали ежегодно с 1 га без удобрения 5 тыс. корм. ед., при внесении азота в невысоких дозах (N135 за пастбищный период) — 7-8 тыс. корм. ед. (табл. 5 (Куркин, Родин, Медведева, 1977; Куркин, Родин, Медведева 1979)).

Таблица 5

Эффективность удобрения орошаемого культурного пастбища в годы с различной обеспеченностью осадками (ц/га корм, ед.)

Варианты опыта	Получено корм. ед.				Прибавка от орошения				Получено на 1 м ³ поливной воды			
	годы											
	1971	1972	1973	1974	1971	1972	1973	1974	1971	1972	1973	1974
Без удобрения (контроль)	41	50	51	46	15	37	26	17	0,8	0,9	1,3	1,1
N135P45K120	67	79	82	80	28	57	22	19	1,6	1,4	1,1	1,2
N405P45K120	93	100	105	100	41	64	39	29	2,3	1,8	1,9	1,9

Литература

- Андреев Н. Г., Тюльдюков В. А., Прудников А. Д. «Вестник с.-х. науки», № 8, 1975.
- Костяков А.Н. Основы мелиорации. М.:Госсельхозиздат, 1951.
- Куркин К. А. Ускоренное улучшение лугов //Тр. МЗОМС, вып. 2. «Московский рабочий». 1973
- Куркин К. А. Динамика роста трав на орошаемых культурных пастбищах // «Мелиорация земель Мещерской низменности». Рязань, 1974.
- Куркин К.А., Бобнева А.П. Изменения травостоя естественных пастбищ Окской поймы под воздействием орошения и удобрения // Мелиорация земель Мещерской низменности. 1974.
- Куркин К. А., Медведева А. С. Особенности водопотребления краткочасовых орошаемых пастбищ. // Современные проблемы мелиорации и пути их решения». М., 1975. Вып. III.
- Куркин К. А., Медведева А. С. Экология водопотребления орошаемых пастбищ // Вестник сельскохозяйственной науки. 1979. № 4.
- Куркин К.А., Медведева А.С., Кузьменко Б.А. Выбор расчетного слоя при орошении лугов в зависимости от глубины размещения корневых систем // ЦБНТИ Минводхоза СССР. Экспресс Информация. 1982. Серия 2, вып 4.
- Куркин К.А., Медведева А.С., Бобнева А.П. Влияние орошения и удобрений на продуктивность культурных пастбищ // Мещерская ЗОМС. Мелиорация в действии. Рязань. 1975а.
- Куркин К.А., Медведева А.С., Бобнева А.П. Орошение в пойме // Корма. 1975б. № 1.
- Куркин К.А., Родин К.И., Медведева А.С. Сроки полива пастбищ.// Земледелие, 1977, № 3.
- Куркин К.А., Родин К. И., Медведева А.С. Определение сроков полива пастбищ по текущим метеоданным // Гидротехника и Мелиорация. 1979. №11.
- Куркин К.А., Якушев Д.В. Биологические основы интенсивного использования луговых травостоев // Интенсификация лугопастбищного хозяйства. ВНИИ кормов. Вып.30. 1984.
- Сау А., Вийральт Р. Эффективность и агрономические основы дождевания культурных лугов. - Тарту, 1974 - //(Сб. научных трудов Эстонской с.-х. академии. Вып. 95).
- Свешникова В.М. Изучение транспирации растений в естественных условиях произрастания // Полевая геоботаника т1. 1959.
- Шалыт М.С. Методика изучения морфологии и экологии подземной части отдельных растений и растительных сообществ // Полевая геоботаника. М.-Л., 1960.