

УДК 634.738:581.522

Н. Б. ПАВЛОВСКИЙ, Н. Н. РУБАН

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ТИПА ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ВОДНЫЙ РЕЖИМ БРУСНИКИ СОРТА KORALLE

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск

(Поступила в редакцию 03.02.2005)

Введение. Брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) – новое интродуцированное ягодное растение. К настоящему времени недостаточно изучены экологические особенности ее культивирования. В первую очередь это относится к водному режиму, оказывающему большое влияние на жизнь растений. Все жизненные процессы в растении, при прочих благоприятных условиях, нормально протекают лишь при оптимальном его обеспечении водой. Основным источником пополнения запасов воды растением является почвенная влага. Недостаток или избыток воды в корнеобитаемой зоне влияет на поглотительную активность корневой системы, изменяет обводненность тканей, что приводит в свою очередь к нарушению общего обмена веществ в растении [1].

Брусника пластична и отлично приспосабливается к различным почвенно-климатическим условиям, на что указывает ее широкий ареал распространения, но тем не менее успешная культура данного вида возможна лишь при достаточной и более или менее равномерной влажности почвы. Такие требования к влажности почвы объясняются свойствами корневой системы брусники (микотрофностью [2, 3] и поверхностным залеганием корней [4]). Несмотря на то что в естественных условиях брусника растет даже на болотах, она не переносит избытка почвенной влаги. Брусника, произрастающая в болотистой местности, расположена на кочках [5], так что кустики приподняты над уровнем воды, а корни не полностью погружены в воду. В условиях культуры при избытке почвенной влаги брусника выпадает, чаще всего это наблюдается в микрозападинах, в которых застаивается верховодка.

Засушливые условия также отрицательно сказываются на каждом периоде развития брусники. Так, недостаток влаги в почве приводит во время цветения к плохому завязыванию ягод, во время плодоношения – к уменьшению размеров ягод и снижению урожая, в летний период – к ослаблению закладки цветковых почек [6].

Реализация потенциального богатства почв возможна только при благоприятном для роста растений водном режиме. В настоящее время установлены требования некоторых ягодных культур подсемейства *Vacciniaceae* к влажности почв. Для клюквы крупноплодной (*Oxycoccus macrocarpus*) оптимальные условия для роста и развития обеспечиваются при 70% от полной влагоемкости песчаной и торфяной почв [7, 8], для голубики высокой (*Vaccinium corymbosum*) – на торфе 60–70%, песчаной и суглинистой почвах – 70% [9]. Что касается брусники обыкновенной, то специальных исследований по оптимизации водно-воздушного режима почвы в условиях Беларуси не проводилось. Поэтому цель настоящей работы – определение оптимальных условий водо- и воздухообеспеченности почвы для культивирования брусники.

Объекты и методы исследования. Исследования проводили в оранжерее Ганцевичской научно-экспериментальной базы ЦБС НАН Беларуси. Объектом изучения являлся голландский сорт брусники *Koralle*. В вегетационные сосуды высаживали по три растения, примерно одинаковой степени развития, сформировавшиеся из укорененных стеблевых черенков. Они имели по 1,7–2,3 побега со средней суммарной длиной 7,2–9,7 см и длиной корневого пучка около 4 см. В качестве

субстратов использовали торф и минеральную почву. Торф – пушицево-сфагновый, среднеразложившийся, рН 3,6, содержание общего азота 88 мг/л, P₂O₅ – 5,0, K₂O – 18,0 мг/100 г субстрата. Минеральная почва – легкая супесь, рН 6,5, содержание общего азота 63 мг/л, P₂O₅ – 15,3, K₂O – 4,7 мг/100 г. Влажность почвы в различных вариантах находилась в пределах 30–100% от полной влагоемкости (ПВ) с интервалом 10%. Полную влагоемкость почв устанавливали экспериментально [10]. Для поддержания влажности субстрата на заданных уровнях ежедневно проводили полив до установленных норм. При закладке и проведении опыта руководствовались методическими указаниями З. И. Журбицкого [11].

Интенсивность транспирации листьев определяли методом быстрого взвешивания срезанных побегов по Л. А. Иванову [1]. Замеры проводили в июле, в 11 ч, при ясной погоде и температуре воздуха 23 °С. Высчитывали количество испарившейся воды из 1 г листьев за 1 ч. По окончании вегетационного периода (октябрь) измеряли биометрические показатели растений, разделяли их по фракциям и высушивали в термостате при температуре 100–105 °С. Определяли общее содержание воды в листьях и стеблях в процентах сырой массы [1]. Статистическую обработку полученных данных проводили по стандартной программе на ЭВМ.

Результаты и их обсуждение. Брусника сорта *Koralle* по-разному реагирует на тот или иной уровень водообеспеченности. Максимальная величина прироста отмечена у растений на торфяной почве при влажности 80% от ПВ (табл. 1). При таком же уровне водообеспеченности минеральной почвы суммарная длина побегов в 3,3 раза ниже. На минеральной почве наибольший прирост зафиксирован при влажности 60%. Несколько ниже суммарная длина побегов отмечена при 70%-ной и 80%-ной влажности минеральной почвы. В целом на минеральном субстрате различия между вариантами опыта менее существенные по сравнению с торфяной почвой. Это объясняется, во-первых, более высоким питательным потенциалом торфа, во-вторых, высокой влагоемкостью.

Таблица 1. Биометрические показатели растений брусники *Koralle* в зависимости от влажности и типа почвы

Влажность почвы, % от ПВ	Число побегов, шт.	Средняя длина одного побега, см	Суммарная длина побегов, см	Длина корневого пучка, см
<i>Минеральная почва</i>				
100	2,3±0,4	4,0±0,5	9,1±1,6	6,2±0,6
90	6,0±0,4	6,4±0,5	38,2±2,7	18,1±0,8
80	5,8±0,7	7,3±0,6	42,6±4,5	18,7±1,1
70	5,6±0,6	7,8±0,7	43,7±3,5	18,2±0,8
60	6,4±0,5	7,1±0,6	45,7±1,7	18,1±0,5
50	5,1±0,4	6,6±0,5	33,6±3,2	17,4±0,6
40	4,7±0,6	6,2±0,4	29,1±2,3	14,4±0,5
30	4,4±0,6	6,2±0,5	27,1±3,9	14,1±0,6
<i>Торфяная почва</i>				
100	3,1±0,6	5,2±0,6	16,2±3,5	4,9±0,5
90	11,3±0,9	9,8±1,1	110,5±9,8	13,9±0,7
80	14,5±1,3	9,8±1,1	142,5±17,2	15,8±0,7
70	11,6±1,3	9,8±1,0	104,2±9,5	13,3±0,3
60	8,3±0,7	7,9±0,7	66,0±5,1	13,3±0,9
50	4,8±0,6	7,8±0,8	37,3±4,8	11,4±0,7

Наименьшие морфологические показатели растений отмечены при 100% обводненности поч-вы. При этом следует отметить, что из-за недостатка воздуха в почве 25% растений на минеральном субстрате и 42% на торфяном погибли. Оставшиеся в этих вариантах особи имели признаки ксероморфизма – мелкие и бледные листья. Недостаток влаги в почве, имевший место в вариантах 30 и 40%, отрицательно сказался не только на продуктивности брусники, но и на ее выживаемости. Так, при 30%-ной влажности ми-

неральной почвы 42% растений погибли. На торфяном субстрате в вариантах 30%-ной и 40%-ной водообеспеченности все растения засохли, а при 50%-ной и 60%-ной влажности осталось 17 и 67% особей соответственно. В условиях низкой влагообеспеченности почв водный дефицит проявился в большей степени на торфе, чем на минеральной почве. Это объясняется тем, что торф удерживает значительно большую часть воды, недоступной для корневых систем растений, чем минеральная почва. По сведениям В. И. Бельковского [12], на торфяных субстратах практически неиспользуемая часть воды составляет 35–40% от ПВ.

Степень насыщения почвенного субстрата влагой оказала существенное влияние на рост и развитие подземной сферы брусники. Наиболее длинные корни сформировались при 60–90%-ной влажности на минеральной почве и при 80%-ной на торфе. Снижение, так же как и увеличение влажности субстратов от этих величин, вело к уменьшению длины корней. Самые короткие корни были при 100%-ной влажности почвы. На рост и развитие корней оказал влияние и тип субстрата. На минеральной почве сформировались на 30–35% более длинные корни, чем на торфе. Это полностью согласуется с полученными нами ранее результатами по изучению влияния типа субстрата на укореняемость черенков брусники сорта *Koralle* и последующее развитие полученных растений [13].

Для накопления фитомассы брусникой наиболее благоприятные условия обеспечивались при влажности торфяной почвы 80% и минеральной – 70%. Растения этих вариантов опыта характеризуются самыми высокими показателями запаса фитомассы (табл. 2). Отклонения в сторону увеличения или уменьшения влажности минеральной почвы от 70% и торфяной от 80% отрицательно сказались на жизнедеятельности брусники и привели к снижению биологической продуктивности.

К концу вегетации масса органического вещества растений при 100%-ной влажности субстратов была в десять раз меньше на минеральной почве и в восемь раз – на торфе, чем у растений оптимальных вариантов (70 и 80% соответственно). Фактором, отрицательно влияющим на рост растений в условиях, когда почва полностью насыщена водой, является недостаток воздуха в корнеобитаемом слое, что приводит, по данным Л. П. Смоляка, В. Г. Реуцкого [14], к нарушению процессов жизнедеятельности корней, способствует накоплению в почве продуктов жизнедеятельности, токсичных для растений. Следовательно, основным фактором, определяющим продуктивность растений в данных условиях, является воздухообеспеченность корней. Содержание почвенного воздуха ниже 40% в торфе и 30% в минеральной почве определяет продуктивность брусники.

По мере уменьшения влажности субстратов от 70% на минеральной почве и 80% на торфе снижается прирост и, как следствие, фитомасса брусники. В данном случае определяющую роль в росте и развитии растений играет влагообеспеченность почвы.

Анализируя данные накопления биомассы брусники, можно заметить закономерность в изменении соотношения массы ее структурных элементов – надземных органов и корней. В благоприятных условиях опыта, в общей массе органического вещества доля корней была больше, чем в случаях недостаточного и избыточного увлажнения. Эти данные следует рассматривать с учетом особенностей формирования и функционирования корневых систем у растений различных вариантов водообеспечения. При крайних уровнях влажности (30, 50 и 100%) из-за резких нарушений водно-воздушного баланса почв сдерживалось развитие корней и снижалась способность растений к усвоению из почвы питательных веществ. Особенно четко эта закономерность характерна для торфа. На минеральной почве в вариантах 50–30%-ной влажности наблюдалось некоторое увеличение доли корней. По-видимому, водный дефицит и хорошая аэрация субстрата способствовали росту корней «в поисках влаги».

Представленные в табл. 3 данные свидетельствуют о влиянии влажности почвы на интенсивность транспирации листьями брусники. Если ее изменение рассматривать в ряду влажности субстрата по убывающей, то в условиях избыточного увлажнения (100%) она незначительна, далее интенсивность транспирации резко активизируется. Ее максимальное значение 1000 мг/(г·ч) отмечено на минеральной почве при влажности 70%, после чего транспирация существенно

Таблица 2. Накопление фитомассы брусничкой Коголле в зависимости от влажности и типа почвы, г абс. сухого в-ва/растение

Фракция фитомассы	Единица измерения	Влажность почвы, % от ПВ							
		100	90	80	70	60	50	40	30
<i>Минеральная почва</i>									
Листья	Г	0,14±0,03	1,20±0,12	1,45±0,17	1,55±0,12	1,48±0,08	1,05±0,11	0,86±0,08	0,72±0,14
	%	49,6	55,1	54,9	52,8	54,4	49,6	51,6	50,5
Стебли	Г	0,08±0,01	0,37±0,03	0,43±0,05	0,38±0,03	0,39±0,03	0,26±0,03	0,20±0,020	0,18±0,04
	%	28,6	17,1	16,2	12,9	14,5	12,3	11,8	12,7
Всего надземной	Г	0,22±0,04	1,57±0,15	1,88±0,22	1,93±0,15	1,87±0,11	1,31±0,13	1,06±0,01	0,90±0,17
	%	78,2	72,2	71,1	65,7	68,9	61,9	63,4	63,2
Корни	Г	0,06±0,01	0,77±0,14	0,77±0,10	1,05±0,14	0,86±0,08	0,82±0,09	0,65±0,08	0,53±0,12
	%	21,8	27,8	28,9	34,3	31,1	38,1	36,6	36,8
Итого	Г	0,28±0,05	2,34±0,27	2,65±0,31	2,98±0,29	2,73±0,17	2,13±0,22	1,71±0,17	1,43±0,28
	%	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Торфяная почва</i>									
Листья	Г	0,58±0,18	3,33±0,35	4,00±0,53	2,85±0,29	2,49±0,28	1,28±0,14	-	-
	%	63,8	51,8	53,8	57,4	70,3	73,6	-	-
Стебли	Г	0,18±0,06	1,11±0,87	1,56±0,25	1,06±0,82	0,57±0,07	0,26±0,03	-	-
	%	19,8	17,8	21,6	21,6	16,6	14,7	-	-
Всего надземной	Г	0,76±0,24	4,50±0,48	5,56±0,78	3,91±0,39	3,06±0,34	1,55±0,21	-	-
	%	83,6	69,6	75,4	78,9	86,9	88,3	-	-
Корни	Г	0,20±0,08	2,03±0,34	2,25±0,23	1,13±0,21	0,46±0,06	0,21±0,04	-	-
	%	16,4	30,4	24,6	21,1	13,1	11,7	-	-
Итого	Г	0,96±0,31	6,53±0,78	7,81±0,89	5,04±0,55	3,52±0,38	1,76±0,24	-	-
	%	100	100	100	100	100	100	-	-

Таблица 3. Интенсивность транспирации брусники Kogalle в зависимости от влажности и типа почвы, мг/(г·ч)

Почва	Влажность почвы, % от ПВ							
	100	90	80	70	60	50	40	30
Минеральная	0	802	923	1000	774	475	403	22
Торфяная	0	85	375	345	238	135	-	-

Таблица 4. Влажность листьев и стеблей брусники Kogalle в зависимости от водообеспеченности и типа почвы, %

Фракция фитомассы	Влажность почвы, % от ПВ							
	100	90	80	70	60	50	40	30
<i>Минеральная почва</i>								
Листья	50,5±1,5	56,9±0,9	56,1±0,6	53,4±0,6	54,1±0,3	52,9±0,5	53,7±0,6	55,2±0,5
Стебли	45,6±1,8	54,4±0,9	52,9±1,7	52,6±3,0	52,0±1,3	51,5±1,3	50,4±0,8	51,6±1,4
<i>Торфяная почва</i>								
Листья	52,2±1,0	57,2±0,5	59,7±0,5	59,0±0,4	58,2±0,3	56,3±0,6	-	-
Стебли	49,3±1,9	53,5±0,3	52,7±0,9	51,0±0,4	52,2±0,6	50,1±0,7	-	-

снижается. На торфяной же почве наибольшей интенсивностью транспирации (375 мг/(г·ч)) обла- дают растения при 80%-ной влажности субстрата, причем на торфе максимальное значение транспирации оказалось в 2,7 раза ниже, чем на минеральной почве. Это объясняется тем, что на более плодородном субстрате – торфе продуктивность транспирации выше, т. е. растения расхо- дуют воду более экономно.

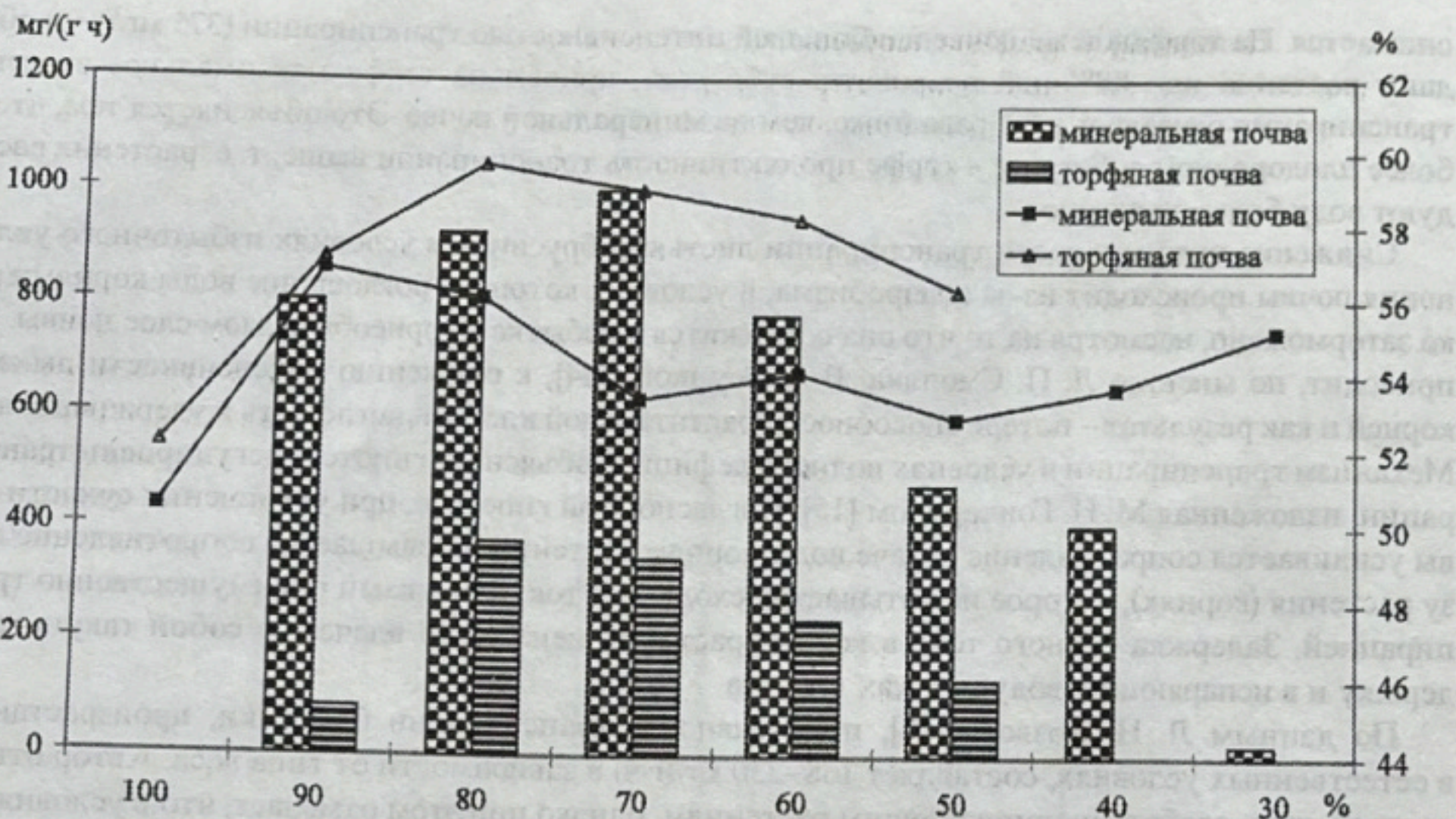
Снижение интенсивности транспирации листьями брусники в условиях избыточного увлаж- нения почвы происходит из-за анаэробизма, в условиях которого поглощение воды корнями рез- ко заторможено, несмотря на то что она содержится в избытке в корнеобитаемом слое почвы. Это приводит, по мнению Л. П. Смоляка, В. Г. Реуцкого [14], к снижению интенсивности дыхания корней и как результат – потере способности растительной клеткой поглощать и удерживать воду. Механизм транспирации в условиях водного дефицита объясняет гипотеза регулировки транспи- рации, изложенная М. Н. Гончариком [15]. Согласно этой гипотезе, при увеличении сухости поч- вы усиливается сопротивление отдаче воды корням растений и повышается сопротивление в ни- пирации. Задержка водного тока в корнях растений неизбежно влечет за собой такую же за- держку и в испаряющих воду клетках листьев.

По данным Л. Н. Козлова [16], интенсивность транспирации брусники, произрастающей в естественных условиях, составляет 168–230 мг/(г·ч) в зависимости от типа леса. Автор относит данный вид к слаботранспирирующим растениям, однако при этом отмечает, что в условиях вы- рубки у брусники транспирация активизируется и она становится среднетранспирирующим расте- нием. Учитывая, что брусника в естественных условиях, как правило, произрастает в засушли- вых местах и под пологом леса, на вырубке в связи с улучшением светового режима и снижением корневой конкуренции скорость расходования воды возрастает.

В табл. 4 представлены данные о влиянии различной влажности минеральной и торфяной почв на содержание воды в фитомассе брусники. Данные свидетельствуют, что высокая влаж- ность субстрата способствует снижению обводненности как листьев, так и стеблей. Особенно большая разница в содержании влаги в органах растений отмечена между вариантами 90%-ной и 100%-ной влажности субстратов. Наибольшее количество воды содержали листья брусники, произраставшей на торфе при его влажности 80 и 70%. Следует отметить, что на торфяной почве влажность листьев выше, чем на минеральной. Общее содержание воды в листьях выше, чем в стеблях. На минеральной почве наибольшая обводненность органов брусники была в вариантах влажности 90 и 80%. Снижение влажности почвенных субстратов влечет за собой уменьшение содержания воды в фитомассе брусники.

Содержание воды в растениях значительно уменьшалось при 100%-ном затоплении корневых систем из-за анаэробизма, последствия которого для растений описаны выше. Снижение обвод- ненности фитомассы брусники, наблюдаемое при уменьшении влажности почвы, происходило по причине водного дефицита. Но на минеральной почве при ее влажности 40 и 30% от ПВ об- водненность листьев возросла и превысила таковую в варианте 70%, при которой была отмечена максимальная интенсивность транспирации (рисунок). Скорость же расходования воды листья- ми брусники при влажности почвы 30% была минимальной. По-видимому, это произошло из-за уменьшения количества свободной воды в тканях растений и одновременного увеличения содер- жания фракции связанной воды, за счет которой повысилась общая обводненность органов брус- ники. Это – защитная реакция растения на неблагоприятные условия внешней среды, в данном случае дефицит почвенной влаги.

Сопоставляя биопродукционные показатели растений и параметры их водного режима, ви- дим, что более высокой интенсивности транспирации и влажности фитомассы соответствует бо- лее высокая продуктивность брусники как на минеральной, так и на торфяной почвах. Для статис- тического подтверждения предполагаемой зависимости был проведен корреляционный анализ (табл. 5). Полученные коэффициенты корреляции свидетельствуют, что между интенсивностью транспирации и влажностью листьев на минеральной почве зависимость слабая, а на торфе – тес- ная. Что касается связи между интенсивностью транспирации и влажностью стеблей то здесь,



Интенсивность транспирации (диаграммы) и влажность листьев (кривые) брусники сорта *Koralle* в зависимости от водообеспеченности и типа почвы

Таблица 5. Корреляционные связи между показателями водного режима и биометрическими параметрами брусники *Koralle*

Показатель	Почва	
	минеральная	торфяная
Интенсивность транспирации – влажность листьев	0,49	0,90
Интенсивность транспирации – влажность стеблей	0,73	0,39
Влажность листьев – влажность стеблей	0,87	0,69
Интенсивность транспирации – число побегов	0,84	0,77
Интенсивность транспирации – суммарная длина побегов	0,89	0,73
Интенсивность транспирации – длина корневого пучка	0,83	0,76
Влажность листьев – число побегов	0,63	0,87
Влажность листьев – суммарная длина побегов	0,72	0,84
Влажность листьев – длина корневого пучка	0,71	0,96
Влажность стеблей – число побегов	0,91	0,80
Влажность стеблей – суммарная длина побегов	0,87	0,81
Влажность стеблей – длина корневого пучка	0,94	0,82

наоборот, тесная корреляция на минеральной почве и слабая – на торфе. В то же время следует подчеркнуть, что зависимость между влажностью листьев и стеблей достаточно высокая на обоих типах почв. Довольно тесная корреляция отмечена между интенсивностью транспирации и морфометрическими показателями растений, при этом на минеральном субстрате зависимость выше, чем на торфе. Плотнo коррелирует обводненность органов брусники с биометрическими параметрами растений, только коэффициенты корреляции несколько выше на торфе у листьев, а на минеральной почве – у стеблей. Таким образом, на фоне достаточно тесной корреляционной зависимости биометрических параметров брусники, произраставшей в условиях разной водообеспеченности почв, с показателями ее водного режима не наблюдается стабильной зависимости между содержанием воды в органах растения и интенсивностью транспирации.

Заключение. Результаты проведенных исследований показывают, что брусника сорта *Koralle* обладает значительной экологической пластичностью. Она растет в достаточно широком диапазоне водообеспеченности почвы. Наибольшую продуктивность растения формируют при влаж-

ности торфа 80%, минеральной почвы – 70% от ПВ. При таком уровне увлажнения создается оптимальное соотношение воды и воздуха в корнеобитаемом слое почвы. Брусника достаточно чувствительна к изменениям влажности почвенного субстрата. При недостатке или избытке воды в почве снижается обводненность органов растений и интенсивность транспирации, что неизбежно приводит к значительному снижению их продуктивности. Во избежание этого на посадках брусники необходимо предусмотреть, с одной стороны, искусственное орошение, чтобы не допускать пересыхания верхнего 10-сантиметрового слоя почвы, в котором расположена основная масса корней, с другой – отток лишней воды, чтобы не допускать продолжительного застоя на поверхности почвы и гибели растений.

Литература

1. Третьяков Н. И., Карнаухова Т. В., Паничкин Л. А. и др. Практикум по физиологии растений. М., 1990.
2. Ritchie J. // J. of Ecology. 1955. Vol. 43, N 2. P. 701–708.
3. Баландина Т. П., Вахрмеева М. Г. // Биологическая флора Московской области. М., 1978. С. 167–178.
4. Павловский Н. Б. // Весці АН Беларусі. Сер. біял. навук. 1996. № 3. С. 10–15.
5. Юдина В. Ф., Колупаева К. Г., Белоногова Т. В. и др. Брусника. М., 1986.
6. Валова З., Гедых В. // Родная природа. 1977. № 4. С. 6–7.
7. Рубан М. М., Босак В. М. // Весці АН БССР. Сер. біял. навук. 1988. № 6. С. 74–76.
8. Павловский Н. Б., Блинцов И. К. // Лесоведение и лесн. хоз-во. 1992. Вып. 26. С. 36–39.
9. Босак В. Н. // Весці АН Беларусі. Сер. біял. навук. 1995. № 1. С. 8–10.
10. Долгов С. И. Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений. М.; Л., 1948.
11. Журбицкий З. И. Теория и практика вегетационного метода. М., 1968.
12. Бельковский В. И. Улучшение свойств торфяных почв. Мн., 1982.
13. Паўлоўскі М. Б. // Весці АН Беларусі. Сер. біял. навук. 1996. № 2. С. 18–25.
14. Смоляк Л. П., Реуцкий В. Г. Эколого-физиологические основы мелиорации лесных почв. Мн., 1971.
15. Гончарик М. Н. Влияние экологических условий на физиологию культурных растений. Мн., 1962.
16. Козлов Л. Н. // Гидроклиматическое влияние леса. Новосибирск, 1979. С. 96–115.

PAVLOVSKI N. B., RUBAN N. N.

INFLUENCE OF HUMIDITY AND TYPES OF SOIL ON PRODUCTIVITY AND WATER REGIMEN LINGONBERRY CV. KORALLE

Summary

The results on vegetation experiments lingonberry cv. *Koralle* growing on two types of substrate (peat and mineral soil) were presented. Influence of the substrates' humidity from 30 till 100% from total moisture with a range 10% on of productivity plants' and water regimen were investigated. The maximal productivity was stated for the lingonberry plants which were grown at the peat humidity 80% and mineral soil humidity – 70%. It was established that deficit of water in soil, as well as it's excess leads to reducing of the watering of plant organs and transpiration intensity.