

УДК 504.064.3:574

**ОСОБЕННОСТИ СВЕТОВОГО РЕЖИМА В ПОДКРОНОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ
ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ АРБОРЕТУМА НИКИТСКОГО
БОТАНИЧЕСКОГО САДА****Юрий Владимирович Плугатарь, Максим Сергеевич Ковалев,
Олег Антонович Ильницкий, Светлана Павловна Корсакова,
Андрей Владимирович Паштецкий**Никитский ботанический сад – Национальный научный центр
298648, Республика Крым, г.Ялта, пгт. Никита
plugatar@ukr.net

Проведен анализ особенностей светового режима в подкroновом пространстве древесных растений (15 видов растений) на примере арборетума Никитского ботанического сада. В результате затеняющего действия кроны, в подкroновом пространстве деревьев верхнего яруса складывается особый световой режим, выражающийся в формировании зон постоянной и переменной тени в фитогенном поле *Cedrus atlantica*, *Sequoiadendron giganteum*, *Cupressus macrocarpa*, *Pinus pinea*, *Abies numidica*, *Sequoia sempervirens*. Световой поток в теплое время года у исследованных хвойных экзотов, за исключением *Sequoia sempervirens*, составляет от 8 до 27% от полного освещения, что создает благоприятные условия для роста кустарниковых растений. Степень проницаемости света, характеризующая режим светоклимата в подкroновом пространстве, в значительной степени определяется параметрами внешних условий, генотипическими особенностями вида с присущей ему архитектоникой кроны. Характер трансформации светового потока в подкroновом пространстве деревьев верхнего яруса может служить критерием подбора растений второго яруса по требовательности вида к освещению.

Ключевые слова: световой режим; фитогенное поле; подкroновое пространство; деревья верхнего яруса

Введение

Древесные растения верхнего яруса оказывают сильное влияние на напочвенный растительный покров, формируя и изменяя условия местообитания для нижних ярусов. По архитектонике крон древесных пород можно судить о световой структуре насаждения. Световая структура имеет часто определяющее значение в формировании фитолимата леса, режима почвенных процессов, проникновении осадков через полог насаждений, во влиянии на разложение и минерализацию подстилки [10].

Комбинация различных по плотности крон древесных пород дает четыре типа световых структур насаждений: 1) осветленную, с господством ажурнокронных пород; 2) полуосветленную, с господством полуажурнокронных пород; 3) полутеневую, с господством полуплотнокронных пород; 4) теневую, с господством плотнокронных пород [2]. От степени проницаемости света зависит состояние почвы, травянистой и кустарниковой флоры лесного сообщества. Густота кроны влияет на некоторые особенности древесной растительности: теневыносливость, быстроту роста, продуктивность. Ввиду важной роли фотосинтеза в метаболизме и всей жизнедеятельности растений, световой режим может служить основой для создания оптимальной структуры и густоты размещения насаждений в парках и садах. При разработке технологии высокоинтенсивных парковых фитоценозов, наряду с комплексом агротехнических мероприятий, важное значение придается повышению

коэффициента использования растениями солнечной радиации. Это решается путем правильного подбора видов растений и установления для них оптимальной площади питания.

В результате средопреобразующего воздействия древесных насаждений в их фитогенных полях образуются специфические условия, выражающиеся в формировании особого светового режима. Актуальными являются вопросы количественной оценки изменения освещенности в зоне влияния растения, связи этого экологического фактора с архитектурой кроны, обусловленной генетическими особенностями вида, его значения в морфогенетических и физиологических процессах [5].

Цель исследования: изучить особенности светового режима под пологом древесных растений с различной архитектурой и плотностью кроны.

Объекты и методы исследования

Объектами наших исследований были древесные интродуценты верхнего яруса I группы: *Cedrus atlantica* (Endl.) G. Manetti ex Carrière, *Cupressus macrocarpa* Hartw. & Gordon, *Abies numidica* de Lannoy ex Carrière, *Sequoiadendron giganteum* (Lindl.) J. Buchholz, *Sequoia sempervirens* Endl., *Pinus pinea* L., и кустарники I и II групп: *Pittosporum heterophyllum* Franch., *Buxus sempervirens* L., *Euonymus japonica* Thunb., *Mahonia aquifolium* (Pursh) Nutt., *Chimonanthus praecox* (L.) Link, *Viburnum tinus* L., *Cornus mas* L., *Laurocerasus officinalis* M. Roem., *Aucuba japonica* Thunb.

В качестве модельных объектов были выбраны деревья верхнего яруса, достигшие возраста 130-160 лет. В их подкроновом пространстве в результате затенения, опада, изменения режима влажности окончательно оформились фитогенные поля, которые представляют собой специфические микросайты для многих подчиненных видов растений и почвенной фауны [12]. Возраст кустарников, выбранных в качестве нижнего яруса, составлял 30-60 лет. На момент наблюдений эти растения сформировали типичную для их возрастного периода крону, не имели видимых признаков повреждений и заболеваний, находились в экологических условиях, обеспечивающих нормальный рост и развитие.

Контрольные значения показателей определялись вне зоны влияния исследуемых и других крупных растений. Световой поток измерялся люксметром Ю-116 в соответствии с рекомендациями В.А. Алексеева [1] при полной естественной освещенности, в околополуденные часы при минимальной скорости ветра. При анализе светового режима использовали показатель освещенности под кроной, выраженный в % от падающей солнечной радиации на открытую площадку. Наблюдения проводились в мае – сентябре в период активной вегетации и в декабре, после завершения ростовых процессов и листопада.

Результаты и обсуждение

Освещенность, как показатель поступления энергии, широко используется в разнообразных расчетах энергетических характеристик и при рассмотрении экологических вопросов в лесных фитоценозах [3, 15]. Она является одним из экологических факторов, степень влияния которого наиболее сильно изменяется растительным покровом. Каждая из зон фитогенного поля (приствольное повышение, подкроновое пространство, зона границы кроны, межкроновое пространство) характеризуется определенным уровнем освещенности, который оказывает влияние на растительность нижнего яруса в зависимости от видового состава, строения, ажурности и степени сомкнутости крон [6, 18]. Интенсивность солнечной радиации падает по мере прохождения через толщу кроны. Освещенность открытых участков, не затененных

кронами деревьев, в ясную погоду в мае-июле достигала 65000-70000 Лк. Под полог деревьев в условиях интенсивного затенения проникало на порядок меньше солнечной радиации. Наибольшая средняя освещенность (13196 Лк) и коэффициент пропускания (26,9%) в подкроновом пространстве отмечены у *Cedrus atlantica* с ширококонусовидной полуосветленной кроной. Наименьшими значениями этих показателей – 852 Лк и 1,7% – отличалась *Sequoia sempervirens* с узкоконусовидной плотной теневой кроной (табл. 1).

Проведенные нами исследования позволили построить ряд относительной освещенности в фитогенном поле подкронового пространства для изучаемых видов по убывающему значению коэффициента пропускания солнечной радиации:

Cedrus atlantica → *Sequoiadendron giganteum* → *Cupressus macrocarpa* → *Pinus pinea* → *Abies numidica* → *Sequoia sempervirens*

Таблица 1

Архитектоника, световая структура и характеристика крон древесных интродуцентов

| Вид | Форма кроны | Экологическая структура | Световая структура | Проницаемость света в подкроновое пространство летом (ясный день) | | | |
|---------------------------------|---|-------------------------|--------------------|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | | Освещенность, Лк | K _{v1} , % | K _{пр} , % | K _{v2} , % |
| <i>Cedrus atlantica</i> | ширококонусовидная | пажкр | посв | 13196±7583 | 71,2 | 26,9±13,3 | 59,7 |
| <i>Sequoiadendron giganteum</i> | рыхлая, коническая, к вершине закругленная | пплкр | птн | 8243±3902 | 60,8 | 16,9±6,4 | 46,8 |
| <i>Cupressus macrocarpa</i> | плоскозонтная с косо вверх направленными ветвями | пплкр | птн | 4635±3976 | 85,8 | 9,4±7,8 | 82,5 |
| <i>Pinus pinea</i> | зонтикообразная с горизонтально распротёртыми ветвями | пплкр | птн | 4297±1818 | 58,6 | 8,6±2,7 | 45,0 |
| <i>Abies numidica</i> | коническая, плотно разветвленная | плкр | тн | 2772±1171 | 55,7 | 5,7±2,0 | 44,5 |
| <i>Sequoia sempervirens</i> | узкоконусовидная | плкр | тн | 852±313 | 46,5 | 1,7±0,4 | 32,3 |

Примечания
 Экологическая структура: пажкр – полуажурнокронные, пплкр – полуплотнокронные, плкр – плотнокронные.
 Световая структура: посв – полуосветленная, птн – полутеневая, тн – теневая.
 K_{пр} – коэффициент пропускания, K_{v1} и K_{v2} – коэффициенты вариации освещенности и пропускания, соответственно.

Освещенность в подкроновом пространстве считается самым переменным из показателей микроклимата насаждений. Большую роль в определении условий освещенности играет режим так называемых «бликов» [3, 15, 19]. Пульсация света при бликовом режиме обуславливает частую смену освещенности. Периоды контрастного освещения оцениваются колебаниями в каждой точке от 1 до 10 тыс. Лк за каждые 1-10 мин [17]. В ясную погоду в околополуденные часы, при минимальной скорости ветра, вариация коэффициента пропускания солнечной радиации под пологом *Cupressus macrocarpa* составляла 82,5%, а величина коэффициента вариации менее 33%, характерная для однородной совокупности, была отмечена только под плотной теневой кроной *Sequoia sempervirens* (табл. 1).

О световом режиме в подкроновом пространстве деревьев дает представление рисунок 1. Мы исходили из предположения, что степень освещенности зависит от длины и плотности кроны по вертикали над разными точками в подкроновом пространстве. В силу конусовидной формы кроны *Abies numidica* длина ее от ствола к краю равномерно уменьшается, и это изменение отражает плавное увеличение освещенности (рис. 1, кривая 3). Несмотря на общую тенденцию к увеличению от ствола к периферии, пропускание света кронами *Cupressus macrocarpa* и *Sequoiadendron giganteum* происходит несколько иначе. По мере удаления от ствола на расстоянии от 2 до 3 метров, под кроной *Cupressus macrocarpa* уровень освещения повышается почти в два раза – с 7 до 14% (рис. 1, кривая 2). Такой режим освещения можно объяснить плоскозонтичной формой кроны с мощными, направленными косо вверх ветвями. Примерно на таком же удалении от ствола в подкроновом пространстве *Sequoiadendron giganteum*, в отличие от *Cupressus macrocarpa*, отмечается небольшое снижение уровня освещенности (на 0,6-0,8%, см. рис. 1 кривая 4). Это, вероятно, связано с увеличением плотности кроны равномерно густо разветвленными ветвями с тонкими побегами. Существенные отличия в режиме освещения, по сравнению с предыдущими видами, имеют *Cedrus atlantica* и *Pinus pinea* (на рис. 1 кривые 1 и 6). В зависимости от архитектоники крон, наиболее освещенными у *Cedrus atlantica* оказались секторы подкронового пространства, удаленные от ствола на расстояние от 2 до 3 метров (до 32%), у *Pinus pinea* – на 1-2 м (до 10-12%). Наименьший уровень освещения (17-18%) у *Cedrus atlantica* имели зоны под краем и на периферии кроны, на расстоянии 4-5 м от ствола, у *Pinus pinea* наименьшие значения этого показателя (6-7%) отмечались у ствола и под краем кроны. Очень низкая освещенность в подкроновом пространстве *Sequoia sempervirens*, не превышающая 2-3% от ее значения на открытом участке (на рис. 1 кривая 5) объясняется плотной узкокониусовидной формой кроны и существенной поглотительной способностью темной хвои, преимущественно расположенной в верхних и наружных частях кроны, а также низким ее размещением, что уменьшает боковое освещение в подкроновом горизонте.

Таким образом, в результате затеняющего действия кроны, в подкроновом пространстве деревьев верхнего яруса складывается особый световой режим, выражающийся в формировании зоны постоянной и переменной тени в фитогенном поле *Cedrus atlantica*, *Sequoiadendron giganteum*, *Cupressus macrocarpa*, *Pinus pinea*, *Abies numidica* и только зоны постоянной тени для *Sequoia sempervirens*. При этом следует учитывать, что поглотительная способность темнохвойных насаждений выше. Из изученных хвойных пород наибольшей пропускной способностью обладал *Cedrus atlantica* (26,9%), наименьшей – *Sequoia sempervirens* (1,7%). Именно под пологом *Sequoia sempervirens* складываются самые неблагоприятные условия для существования растений второго яруса.

Большое значение для характеристик освещенности под пологом насаждений имеет состояние погоды. В пасмурную погоду освещенность под пологом леса в 3 – 5 раз меньше и более монотонна по сравнению с освещенностью на открытом месте [8, 15, 16]. Происходит определенное выравнивание экстремальных значений освещенности. Все это свидетельствует о сложности и многообразии радиационных условий для всех ярусов насаждения. Вот почему условия освещенности, по мнению некоторых авторов, слабо коррелируют с такими показателями, как сомкнутость полога, полнота древостоя, густота [4, 6]. Установленные по тем или иным источникам связи освещенности под пологом леса со структурой полога можно считать высоко достоверными лишь в частных случаях [4, 7, 15].

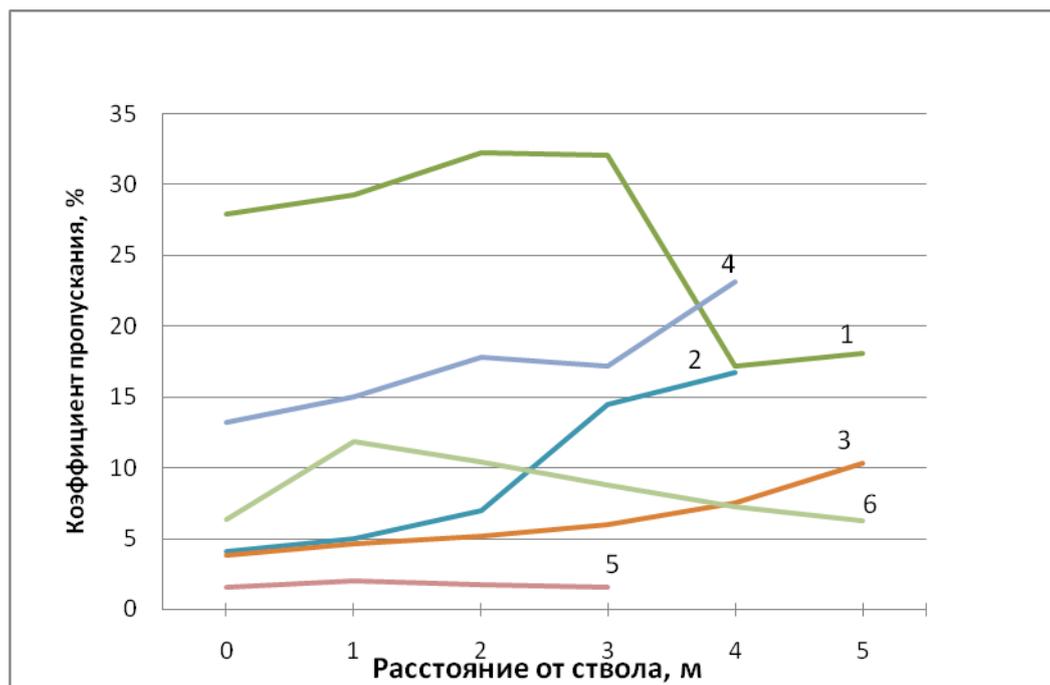


Рис. 1 Изменение освещенности в фитогенном поле древесных растений арборетума Никитского ботанического сада

Виды древесных растений: 1 - *Cedrus atlantica*; 2 - *Cupressus macrocarpa*; 3 - *Abies numidica*; 4 - *Sequoiadendron giganteum*; 5 - *Sequoia sempervirens*; 6 - *Pinus pinea*

Чтобы выявить общие тенденции изменчивости освещенности в подкроновом пространстве исследуемых деревьев верхнего яруса на территории арборетума Никитского ботанического сада, обусловленные эффектом вида, стороной света, удаленностью от ствола, а также возможными комбинациями их взаимодействия, был применен метод трехфакторного дисперсионного анализа. Под кроной каждого из шести видов хвойных экзотов было выполнено по 768 измерений освещенности. Измерения проводили непосредственно у ствола, а также на расстоянии 1, 2 и 3 метров от него в северном, восточном, южном и западном направлениях (С, В, Ю, З). Динамика средних значений коэффициента освещенности по сторонам света и по мере удаления от ствола представлена на рис. 2. Можно проследить последовательное увеличение уровня освещенности по мере удаления от ствола, а также резкое увеличение его с южной стороны у ствола и постепенное сглаживание эффекта сторон света по мере удаления. Вместе с тем, в радиусе трех метров сохраняется тенденция максимальной освещенности под кроной с южной стороны и минимальной с западной.

Для формирования полной факторной модели мы применили способ, выполняющий перекрестное разложение суммы квадратов, который выделяет главные факторы, все эффекты их парных взаимодействий и эффект совместного действия всех трех факторов:

$$Y = m + A + B + C + A*B + A*C + B*C + A*B*C + e,$$

где:

Y – коэффициент пропускания света, %;

A – вид растения; B – направление по сторонам света; C – расстояние от ствола, м; e – эффект случайных факторов; m – генеральное среднее; символ «*» связывает факторы, для которых рассчитывается эффект взаимодействия.

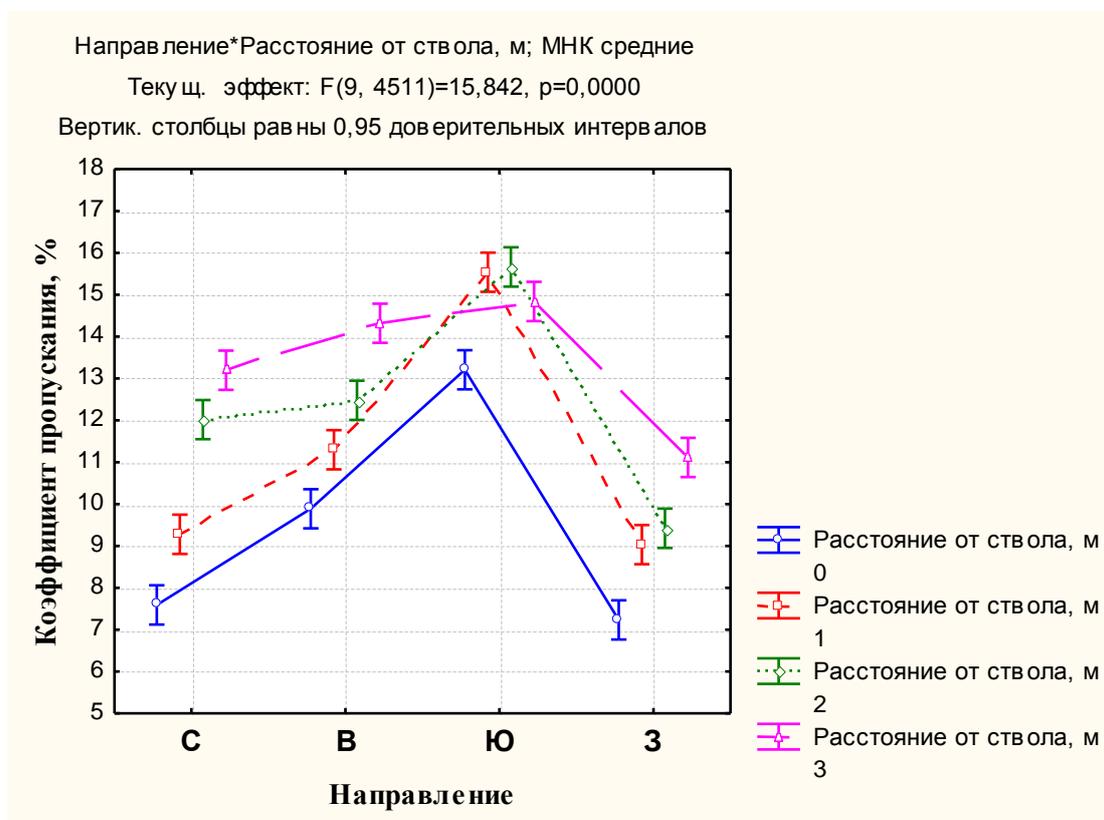


Рис. 2 Зависимость режима освещенности в фитогенном поле древесных растений арборетума Никитского ботанического сада от сторон света и удаления от ствола (показаны средние значения и их стандартные ошибки)

Расчеты были выполнены с использованием программы STATISTICA, версия 6.1, пакета Анализ (Факторный ДА). Полученные результаты дисперсионного анализа представлены в табл. 2. Коэффициент множественной корреляции модели $R=0,95$, а коэффициент детерминации $R^2=0,90$; дисперсионное отношение Фишера $F_{\text{общ}}=429$ при 4511 степенях свободы; статистическая значимость факторной модели в целом $p=0,00$. Приведенные в табл. 2 результаты показывают, что все эффекты, полученные в нашем исследовании, статистически значимы.

Таблица 2

Результат дисперсионного анализа эффектов совместного воздействия вида растения, направления по сторонам света и удаленности от ствола на освещенность в подкроновом пространстве

| Источник изменчивости | SS | Степени свободы | MS | F | p |
|-------------------------|----------|-----------------|----------|----------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Свободный член | 623350,4 | 1 | 623350,4 | 37877,97 | 0,00 |
| Вид | 410070,8 | 5 | 82014,2 | 4983,60 | 0,00 |
| Направление | 20038,1 | 3 | 6679,4 | 405,87 | 0,00 |
| Расстояние от ствола, м | 9612,4 | 3 | 3204,1 | 194,70 | 0,00 |
| Вид*Направление | 176773,7 | 15 | 11784,9 | 716,11 | 0,00 |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---------|------|-------|-------|------|
| Вид*Расстояние от ствола, м | 12166,6 | 15 | 811,1 | 49,29 | 0,00 |
| Направление*Расстояние от ствола, м | 2346,4 | 9 | 260,7 | 15,84 | 0,00 |
| Вид*Направление*Расстояние от ствола, м | 40084,7 | 45 | 890,8 | 54,13 | 0,00 |
| Остатки | 74236,7 | 4511 | 16,5 | | |

Эффект отдельных компонентов модели на уровень освещенности в подкroновом пространстве можно оценить из результатов, представленных в табл. 3. Дисперсионный анализ подтверждает, что доминирующий эффект в формировании режима освещенности подкroнового пространства обуславливается генотипической особенностью вида. Также подтверждается наличие значительного взаимного влияния на уровень освещенности вида и направления (относительно сторон света). Эффект остальных компонентов модели является менее существенным.

Таблица 3

Матрица дисперсий/ковариаций межгрупповых эффектов вида растения, направления по сторонам света и удаленности от ствола на освещенность в подкroновом пространстве

| Источник изменчивости | Коэффициент пропуска, % |
|---|-------------------------|
| Вид | 89,02970 |
| Направление | 4,35044 |
| Расстояние от ствола, м | 2,08694 |
| Вид*Направление | 38,37901 |
| Вид*Расстояние от ствола, м | 2,64147 |
| Направление*Расстояние от ствола, м | 0,50943 |
| Вид*Направление*Расстояние от ствола, м | 8,70271 |

Режим освещенности и количество проникающего света под полог насаждений во многом зависят от сезона года [11, 15]. Одним из климатоопределяющих факторов является поток солнечной радиации, который зависит от структуры насаждения, от состава пород, возраста, полноты и сомкнутости, возрастной структуры верхнего яруса. От светового режима, создаваемого доминирующими видами, зависит видовое разнообразие сообществ. Ведущая роль в создании особых условий среды вокруг отдельных особей и во всем насаждении принадлежит видам-эдификаторам, влиянием которых в значительной степени определяется его облик [14]. Поэтому изменение режимов освещенности в сезонном ритме отражает роль древесных растений в формировании фитоклимата в подкroновом пространстве. Фитоклимат насаждения во многом будет определяться характером поступления энергии по профилю полога. Сезонные закономерности изменений пропускной способности полога хвойных видов верхнего яруса показаны на рис. 3.

Отражение и поглощение основной части фотосинтетически активной солнечной радиации (ФАР) растениями верхних ярусов при большой степени сомкнутости и плотности их крон приводит к тому, что растения нижнего яруса получают минимальный световой поток, и светолюбивые виды даже при прочих благоприятных условиях не пригодны для выращивания. Исследования показали, что в подкroновое пространство *Sequoia sempervirens* вне зависимости от сезона года, проникает в среднем 2-3% от солнечной радиации, падающей на открытую площадку, т.е. практически вся ФАР поглощается. Не обнаружено существенных различий в пропускании света в летний и зимний периоды и под кроной *Pinus pinea*: 8-9% (рис. 3). У остальных видов (*Cedrus atlantica*, *Sequoiadendron giganteum*, *Cupressus macrocarpa*,

Abies numidica) в летний период в подкروновое пространство поступало на 5-11% света больше, чем в зимний (рис. 3). Вероятно, для хвойных пород это связано со структурой полога и высотой стояния солнца.

Таким образом, древесный полог исследуемых хвойных интродуцентов в течение года в среднем пропускает солнечной радиации, достигающей растений нижних ярусов, для *Cedrus atlantica* – 16-27%, *Sequoiadendron giganteum* – 11-17%, *Cupressus macrocarpa* – 3-14%, *Pinus pinea* – 8-9%, *Abies numidica* – 4-8%, *Sequoia sempervirens* – 2-3%.

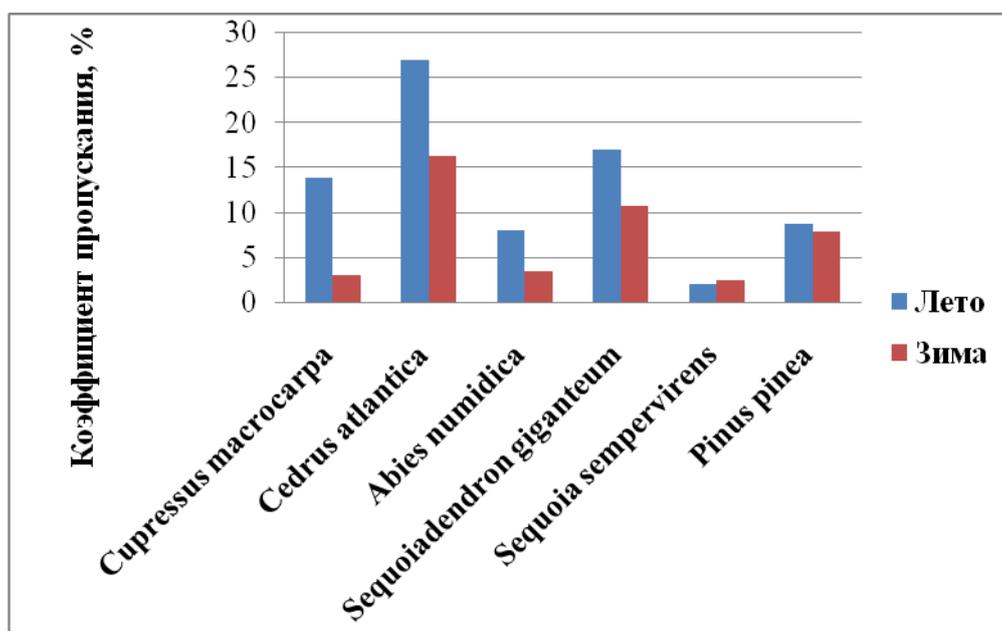


Рис. 3 Сезонные изменения пропускания солнечной радиации под полог хвойных видов верхнего яруса

Изучение теневыносливости пород, особенностей их светового режима очень важно при подборе видов и сочетаний пород в насаждениях для создания садово-парковых композиций. Теневыносливые растения имеют широкую экологическую амплитуду по отношению к свету, они лучше растут и развиваются при высокой освещенности, но хорошо адаптируются и к слабому свету, разделяются на более и менее теневыносливые. К менее теневыносливым (светолюбивым) древесным породам относятся деревья и кустарники, растущие на открытых местах и не выносящие длительного затенения. Наивысшего уровня фотосинтез данных древесных пород достигает при высоком солнечном освещении. В эту группу входят березы, ивы, лиственницы, осина, орех грецкий, робиния, сосны, ясени. Теневыносливые древесные породы – это деревья и кустарники, выносящие некоторое затенение, но хорошо растущие и при высоком освещении. Наибольшая интенсивность фотосинтеза отмечается у этих пород при уровне освещенности от 0,1 до 0,01 полного солнечного освещения. К наиболее теневыносливым относятся: тис, пихта, самшит, бук, граб, сосна сибирская (кедровая), липа, ель, клен, вяз, калина, бересклет японский, лавровишня, аукуба японская, лещина [9, 13]. Минимальная освещенность, попадающая на листья, в долях от полного солнечного освещения составляет: у лиственницы – 1/5, ясеня – 1/6, березы бородавчатой – 1/7-1/9, осины – 1/8, сосны – 1/10, дуба – 1/20, ели – от 1/9 до 1/32, клена – 1/55, бука – 1/60, самшита – 1/100 [13].

В зависимости от характера расположения побегов, степени компактности куста, особенности размещения и оптических свойств листьев, в пределах внутренней части фитогенного поля исследуемых растений нижнего яруса освещенность в августе – сентябре колебалась от 0,6-0,7% (*Chimonanthus praecox*, *Vixus sempervirens*) до 2,6% (*Cornus mas*) полного освещения (табл. 4).

Таблица 4
Физиологическая характеристика и световой режим кустарниковых растений нижнего яруса

| Вид | Жизненная форма | Структура кроны | Форма кроны | Проницаемость света, % в подкروновое пространство (ясный день) | |
|----------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|--|----------|
| | | | | летом | зимой |
| <i>Pittosporum heterophyllum</i> | Вечнозеленый | Рыхлая | Обратнойцевидная | 1,4±0,6 | 1,6±0,6 |
| <i>Vixus sempervirens</i> | Вечнозеленый | Плотная | Обратнойцевидная | 0,7±0,1 | 2,5±1,0 |
| <i>Euonymus japonica</i> | Вечнозеленый | Рыхлая | Обратнойцевидная | 1,7±0,7 | 3,5±1,7 |
| <i>Mahonia aquifolium</i> | Вечнозеленый | Рыхлая | Шаровидная | 1,5±0,2 | 4,4±1,7 |
| <i>Chimonanthus praecox</i> | Листопадный | Компактная | Раскидистая | 0,6±0,1 | 1,1±0,4 |
| <i>Viburnum tinus</i> | Вечнозеленый | Рыхлая | Обратнойцевидная | 1,5±0,3 | 5,7±2,3 |
| <i>Cornus mas</i> | Листопадный | Рыхлая | Раскидистая | 2,6±0,4 | 36,2±9,9 |
| <i>Laurocerasus officinalis</i> | Вечнозеленый | Рыхлая | Раскидистая | 1,1±0,5 | 6,9±2,6 |
| <i>Aucuba japonica</i> | Вечнозеленый | Рыхлая | Обратнойцевидная | 1,0±0,2 | 2,0±0,5 |

В отличие от древесных хвойных пород, проницаемость света в подкروновое пространство кустарников нижнего яруса в зимний период (декабрь) была выше, чем в августе – сентябре как под вечнозелеными, так и под листопадными видами деревьев верхнего яруса (рис. 4).

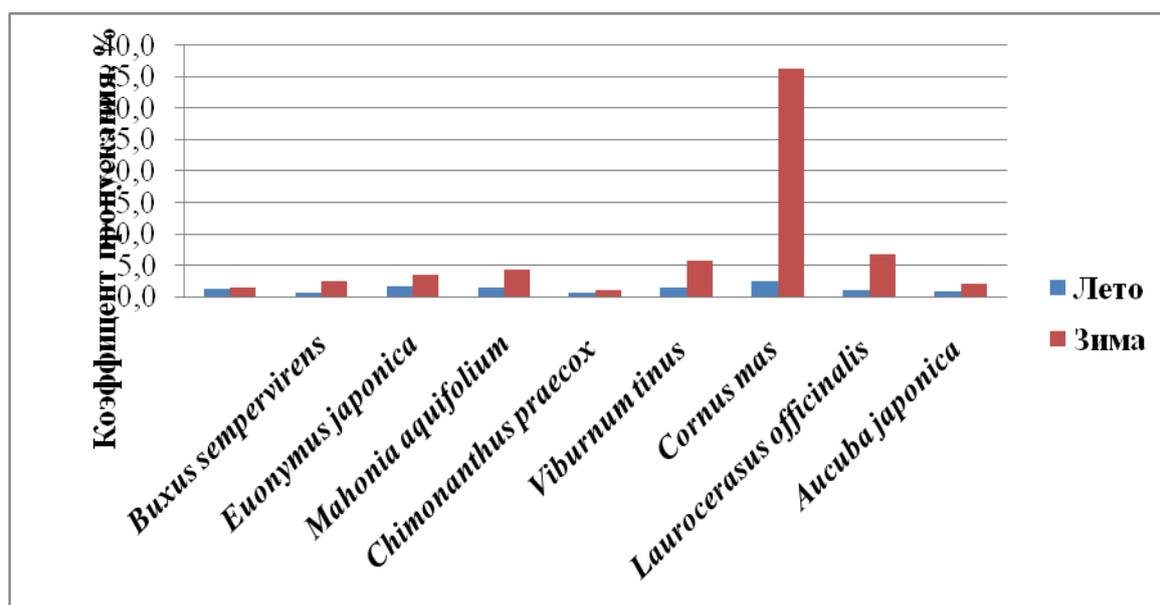


Рис. 4 Сезонные изменения пропуска солнечной радиации под полог растений нижнего яруса

Вместе с тем, по абсолютным величинам наблюдались некоторые различия. Произрастающие под кронами вечнозеленых деревьев *Pittosporum heterophyllum*, *Buxus sempervirens*, *Euonymus japonica*, *Mahonia aquifolium*, *Chimonanthus praecox* и *Aucuba japonica* пропускали под полог больше солнечной радиации только на 0,2-2,8%, а *Viburnum tinus* и *Laurocerasus officinalis*, произрастающие под листопадными видами – на 4,2-5,8%. Наибольшим изменением освещенности в пределах внутренней части фитогенного поля отличался *Cornus mas*, листопадный кустарник, произрастающий на открытом участке. Средняя проникаемость его кроны в солнечный день при полной облиственности составляла 2,6%, а после листопада она увеличивалась до 36,2% (см. табл. 4).

Полученные результаты исследований свидетельствуют о сложности и многообразии радиационных условий для всех ярусов и зависят от состава пород, возраста и сомкнутости древостоев. Доля солнечной радиации, достигающей поверхности почвы в насаждении, во многом зависит от структуры насаждения, распределения ее по профилю полога. Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что характер трансформации светового потока растениями нижнего яруса зависит от развития фотосинтезирующего аппарата обоих ярусов (и верхнего и нижнего).

Выводы

1. Древесные растения верхнего яруса, имеющие высоко поднятую крону, обеспечивают сравнительно лучшие условия для нижнего яруса за счет бокового освещения.

2. Световой поток в летний период у исследованных хвойных экзотов, за исключением *Sequoia sempervirens*, составляет от 8 до 27% от полного освещения, что создает достаточно благоприятные условия для растений почвенного покрова.

3. Более жесткие условия по этому параметру имеют растения кустарниковых пород, у которых освещенность напочвенного горизонта составляет от 1 до 3% полного светового потока.

4. Степень проникаемости света, характеризующая режим светоклимата в подкroновом пространстве, в значительной степени определяется не только параметрами внешних условий, но и генотипическими особенностями вида с присущей ему архитектоникой кроны.

5. В результате затеняющего действия кроны складывается особый световой режим, выражающийся в формировании зоны постоянной и переменной тени в фитогенном поле насаждения. Характер трансформации светового потока в подкroновом пространстве верхнего яруса может служить критерием подбора растений второго яруса по требовательности вида к освещению.

6. Проведенные исследования существенно дополняют информацию о фитогенных полях конкретных видов растений. Они могут быть использованы для развития теоретических основ современной экологии растений и экологии лесных фитоценозов.

7. Результаты данной работы могут быть использованы при проектировании и создании одиночных и групповых посадок деревьев в ландшафтно-парковых и иных композициях в условиях интродукции Южного берега Крыма.

Работа выполнена по гранту Российского научного фонда № 14-50-00079.

Список литературы

1. Алексеев В.А. Световой режим леса. – Л.: Наука, 1975. – 225 с.
2. Бельгард А.Л. Степное лесоведение. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 335 с.

3. *Битюков Н.А.* Экология горных лесов Причерноморья / [Монография]. – Сочи: СИМБиП, ФГУ «НИИгорлесэкол.», 2007. – 292 с.
4. *Выгодская Н.Н., Зукерт Н.В., Садовнича Е.А.* Статистические характеристики радиационного поля в зависимости от сомкнутости древесного яруса еловых насаждений / [Текст] // Лесоведение. – 1973. – № 5. – С. 22- 30.
5. *Горелов М.А.* Особенности освещения во внутрикрановом пространстве древесных растений // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – Т. 15, № 3. – С. 135-140.
6. *Горелов А.М.* Роль фитогенного поля в формировании пространственных структур древесного растения // Современная фитоморфология. – 2012. – № 1. – С. 137-141.
7. *Ипатов В.С., Кирикова Л.А.* К характеристике фитогенного поля *Picea Abies* (Pinaceae) в зеленомошных сосняках // Бот. Журн. – 2001. – Т. 86, № 5. – С. 94 – 103.
8. *Ипатов В.С., Кирикова Л.А., Бибииков В.П.* Сквозистость древостоев (измерение и возможность использования в качестве показателя микроклиматических условий под пологом леса) // Бот. Журн. – 1979. – Т. 64, № 11. – С. 1615 – 1624.
9. *Казимирова Р.Н., Антюфеев В.В., Евтушенко А.П.* Принципы и методы агроэкологической оценки территории для зеленого строительства на Юге Украины. – К.: Аграрна наука. – 2006. – 118 с.
10. *Калашник Ю.А.* Исследование состояния крон с целью диагностики жизнеспособности древостоя // Экология и ноосферология. – 2008. – Т. 19, № 3-4. – С. 189 – 193.
11. *Коваль И.П., Битюков Н.А.* Экологические основы пользования лесом на горных водосборах (на примере Северного Кавказа) / [Монография] // Тр. НИИ горного лесоводства и экологии леса. – 2001. – 408 с.
12. *Смирнова О.В., Бобровский М.В.* Онтогенез дерева и его отражение в структуре и динамике растительного и почвенного покрова // Экология. – 2001. – № 3. – С. 177 – 181.
13. *Соколова Т.А.* Декоративное растениеводство. Древодводство: Учебник для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 352 с.
14. *Уранов А.А., Заугольнова Л.Б., Смирнова О.В.* Ценопопуляции растений (развитие и взаимоотношения). – Изд-во Наука, 1977. – 131 с.
15. *Цветков В.Ф.* Этюды экологии леса: моногр. – Архангельск: Арханг. гос. техн. ун-т, 2009. – 354 с.
16. *Цельникер Ю.Л.* Радиационный режим под пологом леса. – М., 1969. – 150 с.
17. *Цельникер Ю.Л., Князева И.Ф.* Пульсация интенсивности света в лесу как фактор воздействия на фотосинтез подростка // Лесоведение. – 1973. – № 3. – С. 60 - 64.
18. *Beier C., Hansen K., Gundersen P.* Spatial variability of throughfall fluxes in a spruce forest // Environmental Pollution. – 1993. – V. 81. – P. 257-267.
19. *Chavez V., Macdonald S.E.* The influence of canopy patch mosaics on understory plant community composition in boreal mixedwood forest // Forest Ecology and Management. – 2010. – Vol. 259. – N. 6. – P. 1067-1075.

Статья поступила в редакцию 12.08.2015 г.

Plugatar Yu.V., Kovalev M.S., Initsky O.A., Korsakova S.P., Pashtetsky A.V. Peculiarities of light conditions in undercrown space with woody plants in terms of Arboretum of Nikita Botanical Gardens // Bull. of the State Nikit. Botan. Gard. – 2015. – № 116. – P. 7 – 18.

Light conditions of undercrown space where woody plants grow (15 cultivars) were analyzed in terms of Arboretum of Nikita Botanical Gardens. As a result of crown shady effect created by overwood plants, specific light conditions are formed in undercrown space, that causes formation of zones with permanent and variable shadow in phytogenous field of *Cedrus atlantica*, *Sequoiadendron giganteum*, *Cupressus macrocarpa*,

Pinus pinea, *Abies numidica*, *Sequoia sempervirens*. In frost-free season light stream of study alien plants, besides *Sequoia sempervirens*, ranges from 8 up to 27% from total illumination supply, what is favorable for growth of shrubby plants. Light pellucidity which characterizes light climate in undercrown space, is mainly determined by environmental factors, genotypical features of the cultivar with its typical architectonics of crown. Transformation character of the light stream in undercrown space is a possible criterion for selection of the second layer plants according to illumination demand of a cultivar.

Key words: *light conditions; phytogenous field; undercrown space; overwood trees.*