

УДК 630\*165.5:630\*453

**Ю.Ф. Арефьев, О.В. Киреева, М.М. Мамедов, Г.А. Бондарева**

Арефьев Юрий Федорович родился в 1938 г., окончил в 1960 г. Воронежский лесотехнический институт, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 120 печатных работ в области генетико-экологической защиты леса.

E-mail: [arefjev@voronezh.net](mailto:arefjev@voronezh.net)



Киреева Ольга Викторовна родилась в 1968 г., окончила в 1994 г. Воронежский лесотехнический институт, ассистент кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения Воронежской государственной лесотехнической академии. Имеет 8 печатных работ в области лесной фитопатологии.

E-mail: [arefjev@voronezh.net](mailto:arefjev@voronezh.net)



Мамедов Муса Мамедович родился в 1974 г., окончил в 1996 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ВГЛТА. Имеет 9 печатных работ в области защиты растений.

E-mail: [arefjev@voronezh.net](mailto:arefjev@voronezh.net)



Бондарева Галина Анатольевна родилась в 1974 г., окончила в 1996 г. Воронежскую государственную лесотехническую академию, аспирант кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ВГЛТА. Имеет 9 печатных работ в области защиты растений.

E-mail: [arefjev@voronezh.net](mailto:arefjev@voronezh.net)



## ГЕНЕТИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ ЗАЩИТЫ ЛЕСНЫХ И ГОРОДСКИХ НАСАЖДЕНИЙ

Обоснована система защиты лесных и городских насаждений посредством регуляции генетической и экологической составляющих, которые контролируют их жизнеспособность. Приоритетным в настоящее время является фенотипический массовый отбор на устойчивость к вредным организмам и техногенному загрязнению. Показана целесообразность группового размещения деревьев в насаждениях.

*Ключевые слова:* генетика, экология, насаждение, селекция, потомство, устойчивость, программа, инфекция.

Как биологическое явление поражаемость лесных и городских насаждений инфекционными болезнями, насекомыми, техногенное загрязнение контролируются одновременно генетическими и экологическими факторами, на регуляции которых должна строиться стратегия защиты насаждений. Цель проведенных исследований – обосновать систему защиты лесных и городских насаждений посредством регуляции генетической и экологической составляющих, которые оказывают определяющее и модифицирующее влияние на жизнеспособность насаждений.

### *Генетическая составляющая*

Генетическая регуляция как в естественных, так и искусственно созданных насаждениях в популяциях древесных растений и их консументов происходит через отбор наиболее приспособленных особей. При этом попу-

ляции как самый высокий уровень организации генетического материала находятся под влиянием условий окружающей среды, варьирующих от оптимальных до выходящих за пределы нормального развития отношений паразит – хозяин.

Естественный отбор в популяциях древесных растений в современных условиях обычно ведет к смене пород и снижению ценности насаждений. В основном это вызвано негативным влиянием жизнедеятельности грибов, насекомых и других членистоногих, а также техногенным загрязнением окружающей среды.

Следует подчеркнуть, что репродуктивный потенциал вредных организмов несравненно выше, чем у перекрестно опыляющихся древесных растений. К тому же многие паразитические грибы способны к интенсивному бесполому и вегетативному размножению, что дает возможность широкого распространения наиболее вирулентных биотипов. Из-за этого в динамике отношений паразит – хозяин древесные растения неизбежно проигрывают. Для выживания насаждений, сохранения их экологических функций и экономической значимости необходим искусственный отбор.

Искусственный отбор естественно возникших рас лесных древесных растений является наиболее простым, но, по-прежнему, важнейшим методом повышения устойчивости как лесных, так и городских насаждений. Он основан на широкой внутривидовой гетерогенности лесных древесных пород относительно поражаемости вредными организмами и техногенным загрязнением. Сущность отбора на биорезистентность заключается в обнаружении, усилении и закреплении природной диспропорции сопряженного развития древесных растений и их специализированных консументов.

Одной из наиболее распространенных и во многих случаях достаточно эффективной формой искусственного отбора в популяциях древесных растений является массовый отбор [2].

Вероятность эффективного массового отбора ( $P$ ) определяется вкладом генотипической дисперсии ( $s_g^2$ ) селектируемого признака в его общую фенотипическую дисперсию ( $s_{ph}^2$ ):

$$P = s_g^2 / s_{ph}^2;$$
$$s_{ph}^2 = s_g^2 + s_e^2,$$

где  $s_e^2$  – экологическая компонента фенотипической дисперсии.

Таким образом, степень фенотипической изменчивости исследуемого признака в популяции напрямую зависит от степени его генотипической и экологической изменчивости.

Массовый негативный отбор на устойчивость к неблагоприятным факторам среды является самым практичным способом селекции, не требующим значительных специальных затрат, но может быть достаточно эффективным в целевых программах долговременного повышения жизнеспособности как лесных, так и городских насаждений. Массовый негативный отбор заключается в элиминации наиболее восприимчивых фенотипов

древесных растений, не соответствующих целям селекции. Он может осуществляться при промежуточных рубках или при отборе на устойчивость к неблагоприятным факторам среды в ювенильной фазе древесных растений. В частности, массовый негативный отбор позволяет значительно снизить инфекционный фон мучнистой росы (*Microsphaera alphitoides* Grif. et Maubl.) в ювенильной фазе дуба черешчатого [1].

Массовый позитивный отбор эффективен при высоком уровне инфекционного фона или техногенного загрязнения. Для последующего размножения отбирают особи, наименее поврежденные или совсем не поврежденные. Потомство плюсовых по устойчивости деревьев выращивают непосредственно в насаждениях.

Индивидуальный отбор направлен на идентификацию устойчивых к неблагоприятным факторам среды генотипов и является более длительным и трудоемким. Потомство плюсовых по устойчивости деревьев выращивают отдельно в испытательных культурах, и на основании результатов опытной проверки принимают решение о целесообразности их использования в качестве материнских.

На эффективность индивидуального отбора по полигенным признакам сильное влияние оказывает степень проявления аддитивного действия генов в семенном потомстве отобранных фенотипов. Маскирующими эффектами являются взаимодействие генотип – среда, конкурентные отношения фенотипов в популяции, материнский эффект [3]. Их элиминация для повышения надежности отбора практически невозможна. Потомство отобранных деревьев целесообразно оценивать непосредственно в создаваемых насаждениях.

Расовая устойчивость древесных растений к неблагоприятным факторам окружающей среды более выражена по сравнению с устойчивостью биотипов. В соответствии с [5] биологическую расу мы понимаем как группу особей какого-либо вида, наследственно отличающуюся от других особей того же вида по какому-либо биологически значимому признаку или комплексу признаков. В качестве примера рассмотрим сравнительную поражаемость бело- и розовоцветной рас конского каштана (*Aesculus hippocastanum* L.) бурой пятнистостью листьев (*Guignardia aesculi*). Число сопряженных пар наблюдений  $n = 260$ . Общее число деревьев делили на блоки по 10 деревьев. Развитие болезни у белоцветной расы составило 48 %, у розовоцветной значительно меньше – 6 %, коэффициент вариации соответственно 36 и 16 %. Точность определения поражаемости 10 %, существенность различий  $t_f = 12,4$ .

#### Экологическая составляющая

Групповое произрастание наиболее характерно для лесных деревьев [4]. При этом лесная среда формируется уже в ювенильной фазе, с возрастом эта тенденция лишь усиливается. В пространстве между группами основных лесобразующих пород успешно развиваются, не конкурируя с ними, многие лесные виды других растений, в том числе ценные древесные. Обычный источник неблагополучного состояния лесных культур

в бороздах – чрезмерно разрастающийся обильный травяной покров и кустарники – дендрогруппам не угрожает. Формируются экосистемы с повышенным уровнем биоразнообразия, а следовательно, и устойчивости к неблагоприятным факторам среды. В популяциях вредных организмов доминирует дизруптивный (разрывающий) отбор – на разные экологические ниши, что ведет к авторегуляции плотности популяций вредных организмов; соответственно снижается и причиняемый ими ущерб древесным растениям. С позиций лесозащиты преимущество группового размещения деревьев неоспоримо.

Механизм влияния такого размещения на популяции консументов проявляется также в различных по структурному разнообразию насаждениях. Исследования проводили в 2004–2006 гг. в культурах сосны обыкновенной Правобережного лесничества Учебно-опытного лесхоза ВГЛТА (кварталы 40, 42; состав 10С; возраст 40...60 лет; тип условий произрастания С<sub>2</sub>) на примере большого соснового лубоеда (*Blastophagus piniperda* L.). Сделан основной вывод, что высокий уровень структурного разнообразия удлиняет период репродуктивного цикла лубоеда и повышает смертность его личинок. Влияние разнообразия насаждений на плодовитость насекомых статистически несущественно (см. таблицу).

Параметр структурного разнообразия насаждений ( $T$ ) определяли по формуле Штекера – Роммерскирхена [6]

$$T = 1 - \frac{1}{n} \sum \frac{\min(i, j)}{\max(i, j)} \text{ при } t_i \in [0, 1],$$

где  $n$  – число обследованных деревьев;

$i$  – независимо выбираемые деревья;

$j$  – деревья, выбираемые по отношению к  $i$ -м.

Параметр структурного разнообразия насаждений определяли на основании обследования круговых пробных площадей (КПП). Радиус КПП  $R = 17,84$  м, площадь  $S = 1000$  м<sup>2</sup>. Каждую КПП разделяли на четыре сектора, ориентированных по направлениям: север (N), восток (O), юг (S), запад (W). Площадь кругового сектора 250 м<sup>2</sup>. На КПП отбирали 16 деревьев, по 4 в секторе, сначала самое северное, затем по часовой стрелке 2-, 3- и 4-е деревья. Последовательно измеряли расстояние между ними.

#### Особенности репродуктивного цикла

Показатели	Спаривание	Откладка яиц	Отрождение личинок	Плодовитость, шт. яиц	Смертность личинок, %
	дн.				
Структурное разнообразие $T$ :					
0,26	4	3	4	62	8
0,84	11	12	9	57	32
$t_f$ ( $t_{05} = 3,2$ )	3,6	3,4	6,8	1,2	12,3

Как следует из таблицы, статистически достоверные различия параметров репродуктивного цикла большого соснового лубоеда проявились

в периодах спаривания, откладки яиц, отрождения личинок. Длительность этих процессов при высоком структурном разнообразии ( $T = 0,84$ ) увеличилась соответственно на 275, 400, 225 %, смертность личинок в 4 раза. Это способствовало затуханию очага массового размножения лубоеда.

Большой сосновый лубоед – обычный обитатель сосновых лесов Учебно-опытного лесхоза ВГЛТА. Спорадически возникают вспышки его массового размножения, одна из них продолжалась в течение трех лет (2004–2006 гг.).

Лёт и спаривание жуков наблюдались в конце апреля. Дополнительное питание не зависело от их патологического состояния. Очаги лубоеда возникали в монокультурах сосны, где отмечены небольшие, но многочисленные очажки корневой губки. В результате интенсивного дополнительного питания жуков в кронах деревьев их заселение в исследуемых насаждениях резко возросло.

Личинки лубоеда отрождались в конце июня. Вскрытие личиночных ходов показало их значительную смертность, что объясняется главным образом загниванием от недоразвития в результате подсыхания древесины. Погибали личинки, отродившиеся из яиц, отложенных позже других. Таким образом, достаточно высокий уровень структурного разнообразия способствует удлинению репродуктивного цикла большого соснового лубоеда и повышению смертности особей в личиночной фазе развития.

#### *Выводы*

7\* 1. Естественный отбор не обеспечивает формирования устойчивых к негативным факторам окружающей среды насаждений; необходим искусственный отбор на устойчивость к вредным организмам и техногенному загрязнению.

2. Для относительно быстрого и беззатратного оздоровления насаждений наиболее приемлем массовый негативный отбор.

3. Массовый позитивный и индивидуальный отборы древесных растений особенно эффективны на основе целевых долговременных научно-производственных программ.

4. Расовая устойчивость древесных растений к негативным факторам среды выражена ярче, чем устойчивость фенотипов древесных растений.

5. Групповое размещение деревьев способствует повышению жизнеспособности как лесных, так и городских насаждений; важны не только состав, но и структура насаждений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Арефьев, Ю.Ф.* Негативный массовый отбор на биорезистентность как способ повышения эффективности естественной семенной регенерации свежих дубрав [Текст] / Ю.Ф. Арефьев, Г.А. Бондарева // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 3. – С. 8–12.

2. *Петров, С.А.* Методы количественной генетики в лесной селекции [Текст] / С.А. Петров // Генетика и селекция в лесоводстве. – М., 1991. – С. 4–20.

3. *Роне, В.М.* Генетический анализ лесных популяций 1960 [Текст] / В.М. Роне. – М.: Наука, 1980. – 180 с.

4. *Харченко, Н.А.* Эффект группы в повышении биорезистентности насаждений [Текст] / Н.А. Харченко, Ю.Ф. Арефьев // Лесн. журн. – 1999. – № 6. – С. 18–21. – (Изв. высш. учеб. заведений).

5. *Krahl-Urban, J.* Die Eichen [Text] / J. Krahl-Urban. – Hamburg; Berlin: Verlag Paul Parey, 1959. – 288 S.

6. *Stöcker, G.* Beiträge zur Strukturanalyse natürlicher und forstlich bestimmter Fichten-Ökosysteme im Nationalpark Hochharz [Text] / G. Stöcker, A. Rommerskirchen // Beiträge für Forstwirtschaft und Landschaftsökologie. – 2002. – Bd 36. – S. 6–13.

*Yu.F. Arefjev, O.V. Kireeva, M.M. Mamedov, G.A. Bondareva*

### **Geneticoecological Strategy of Forest and Municipal Stands Protection**

System of forest and municipal stands protection through genetic and ecological components of their viability control is substantiated. Phenotypic mass selection on harmful organisms resistance and technogenic pollution are priority now. Expediency of tree group disposition in stands is shown.

Keywords: genetics, ecology, stand, selection, progeny, resistance, programme, infection.

---