

## ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРОДУКТИВНОСТИ ДУБА СЕВЕРНОГО ПРИ ЕГО ИНТРОДУКЦИИ

© 2012 г. А. Б. Беляев, Д. И. Щеглов

Воронежский государственный университет  
394006 Воронеж, Университетская пл., 1  
E-mail: droch@mail.ru

Поступила в редакцию 20.06.2011 г.

Для выявления почвенно-климатических факторов роста и продуктивности дуба северного использован информационно-логический анализ. Предложена модель экологических условий роста дуба северного на европейской части РФ.

*Интродукция, дуб северный (бореальный, красный), статистическая обработка, информационный анализ, коэффициент эффективности передачи информации (КЭПИ), бонитет, ранги факторов, листовая диагностика.*

Одним из способов улучшения качественного состава и разнообразия лесов, повышения их продуктивности является интродукция быстрорастущих и хозяйственно-ценных древесных пород в лесное хозяйство страны [11, 17, 18]. Одной из перспективных древесных пород, обладающих этими качествами, является дуб северный (бореальный, красный) (*Quercus borealis* Mich. f.; *Q. rubra*).

Дуб северный естественно произрастает в Северной Америке. Распространен он в зоне широколиственных лесов юго-восточных штатов Канады и в восточных штатах США (между 32° и 43° с.ш.). На север заходит дальше других американских дубов, за исключением крупноплодного. В Аппалачских горах он поднимается до 1600 м над уровнем моря, на западе доходит до прерий [23]. В пределах своего естественного ареала дуб северный обычно достигает 21–27 м высоты и 0.6–0.9 м в диаметре. В оптимальных условиях в возрасте спелости его высота достигает 49 и 1.5 м в диаметре. Дуб северный имеет шатровидную крону. Листья с острыми лопастями, осенью ярко-красные. Шаровидные желуди созревают на второй год. Весьма декоративный.

В естественном ареале произрастает при количестве осадков от 762 мм на северо-западе до 2032 мм на юге Аппалачских гор. Средняя годовая температура воздуха колеблется от 4.4°C в северной части ареала до 15.6°C в южной. Период вегетации 100–220 дней. Сумма эффективных

температур (более +10°C) на севере ареала 2000°, на юге – 6500°. Абсолютный минимум температуры, который выдерживает дуб северный, – 38°.

В Западную Европу дуб северный был интродуцирован в конце XVII в., как декоративное дерево. В настоящее время встречается в лесных культурах государств Прибалтики, Беларуси, Украины. На территории РФ растет в Калининградской области, на Северном Кавказе, в Центрально-Черноземном регионе.

Известно, что дуб черешчатый в первые годы жизни растет медленно, довольно требователен к плодородию почвы, имеет много вредителей и болезней. Дуб северный, напротив, является наиболее быстрорастущим из долговечных пород, морозостоек, малотребователен к почвенному плодородию, почти не уступает по качеству древесины дубу черешчатому [5, 7, 8, 14, 19].

Дуб северный является важной в хозяйственном и декоративном строительстве древесной породой. Его древесина розовой текстуры теплых тонов применяется при производстве мебели, для внутренней отделки помещений, изготовления строительных деталей, столбов, фанеры, рудничного леса, при строительстве вагонов и в других хозяйственных целях.

На родине дуб северный наиболее успешно растет на почвах различного гранулометрического состава – от суглинистых (кроме тяжелосуглинистых) до песчаных, но плохо переносит известково-

вые почвы и слишком высокий уровень грунтовых вод. Его насаждения произрастают даже на галечниковых речных наносах, почвах, сформировавшихся на выветрившемся граните, гнейсе и на кислых кварцевых порфиритах [10, 23].

Дуб северный уже давно представляет большой интерес для специалистов, однако его изучение проводилось неравномерно в пределах отдельных природных регионов. Нами предпринята попытка комплексного изучения роста и продуктивности насаждений дуба северного в различных почвенно-климатических условиях европейской территории РФ и сопредельных государств по единой программе и методике, что было сделано впервые [12]. Для более широкого внедрения дуба северного в насаждения необходимо прежде всего изучить его экологические условия в местах первичной интродукции, что было осуществлено при участии авторов в составе комплексных экспедиций Центрального НИИ лесной генетики и селекции в 1972–1991 гг.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В полевых условиях исследовались насаждения дуба северного, других интродуцированных и местных лесообразующих пород. Наряду с таксационными показателями на экспериментальных пробных площадях изучался почвенный покров в соответствии с требованиями к проведению биогеоэкологических исследований [15], собирались данные по основным климатическим показателям в местах произрастания интродуцентов. Всего было заложено более 100 пробных площадей, в том числе около 20 – в насаждениях дуба северного. Исследования проводились в Калининградской, Липецкой и Пензенской областях России, Закарпатской, Ивано-Франковской, Киевской, Львовской областях Украины, Брестской и Минской областях Беларуси.

Основные физические, химические и физико-химические показатели определялись по общепринятым методикам [1, 6]. Для установления влияния почвенных факторов на продуктивность дуба северного были рассчитаны средневзвешенные показатели для горизонтов А, А + АВ(В), корнеобитаемого слоя (КОС), толщи 0–100 см и почвенного профиля в целом. В ряде случаев (для валового гумуса, обменных катионов, подвижных форм фосфора и калия) определялись их запасы в пересчете на 1 гектар ( $t\text{ га}^{-1}$  и  $кг\text{ га}^{-1}$ ). Кроме того, для оценки продуктивности насаждений в зависимости от условий почвенного питания был использован метод листовой диагностики с отбором листьев из средней части кроны

10–12 деревьев с наиболее освещенной южной стороны [21, 24]. Полученные смешанные образцы высушивались при  $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , размалывались до размера 0.5 мм, и в них определялось содержание азота, фосфора, калия мокрым озолением [13] со спектрофотометрированием в конце эксперимента. В результате рассчитывалось соотношение элементов для различных классов бонитета насаждений.

Полевой и лабораторный материал был проанализирован с помощью методов статистического и информационного анализа [9, 16]. Каждый из почвенных и климатических показателей (факторов) оценивался по коэффициенту эффективности передачи информации (КЭПИ) к изученному явлению, за показатель которого был взят средний прирост по запасу в чистых культурах при полноте 1.0. Для установления связей между почвенно-климатическими показателями и продуктивностью составлены таблицы условных распределений. Предварительно значения показателей ранжировались.

Величина шага в каждом случае определялась природой признака, числом наблюдений, максимальными и минимальными значениями в пределах доверительных границ, рассчитанных статистическим методом. Средний прирост по запасу, колеблющийся в исследуемых насаждениях от 4.5 до 10.2  $\text{м}^3\text{ га}^{-1}\text{ год}^{-1}$ , разбивали на три группы:  $< 7$ ,  $7\text{--}9$  и  $> 9$ . Экологические факторы также разбивали на три группы. Для каждого состояния (ранга) факторов выделяли специфические ранги приростов и определяли, при каком состоянии фактора средний прирост будет наивысшим, средним или наименьшим. Всего было отобрано 20 почвенных и климатических показателей (факторов) и составлено 56 таблиц условных распределений.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полевые исследования почвенного покрова под насаждениями дуба северного свидетельствуют, что он произрастает в широком диапазоне почвенных разностей, представленных черноземами выщелоченными, темно-серыми лесными, бурыми лесными, дерново-подзолистыми и песчаными почвами различного уровня плодородия (табл. 1), т.е. в типах условий произрастания В, С, D, но при достаточной обеспеченности влагой (от свежих почв до влажных:  $V_{2-3}$ ,  $C_{2-3}$ ,  $D_{2-3}$ ).

В местах обследованных насаждений дуба северного количество осадков за год 499–752 мм, за вегетацию 267–559 мм. Относительная влажность 51–78%, сумма активных температур выше

Таблица 1. Физические и физико-химические показатели почвы под насаждениями дуба северного

Горизонт, слой почвы	Мощность, см	Плотность сложения, г · см <sup>-3</sup>	Порозность, %	Физическая глина, %	рН солевой	Гумус, %	Обменные катионы, м/моль	Степень насыщенности основаниями, %	Подвижные, кг га <sup>-1</sup>	
									P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
A	10–37	0.84–1.39	45.3–67	6.4–58.8	3.1–6.1	1.0–7.4	1.5–44.7	10–92	2.0–120	50–740
A+AB(B)	33–128	1.08–1.58	41.6–60	7.4–57.8	3.6–5.7	0.4–5.9	0.8–43.5	11–91	3.0–1050	130–2300
KOC	50–240	1.26–1.66	40–56.6	7.4–57.0	3.6–5.6	0.2–4.7	0.8–41.5	11–92	5.0–5000	130–4700
0–100	–	1.30–1.62	41.6–50.6	6.2–57.2	3.5–5.7	–	–	–	5.0–1700	200–3000
Профиль	79–240	1.35–1.66	40–46.8	6.2–59.1	3.6–6.0	0.2–2.9	1.4–41.5	32–92	5.0–5000	500–4700
Запасы в слое 0–100, т га <sup>-1</sup>	–	–	–	–	–	30.7–51	3.7–98.5	Не рассчитывались	Не рассчитывались	Не рассчитывались

Примечания. Указаны пределы (min-max) средневзвешенных значений.

Таблица 2. Статистические показатели почвенно-климатических условий в местах произрастания дуба северного\*

Показатель	n	M	σ	m	V	P	M ± t <sub>p</sub> m
Почвенные факторы в КОС							
Мощность КОС	15	107	55.7	14.4	52.1	13.4	81.6–137.7
Порозность, %	13	46.2	3.6	1.0	7.9	2.2	44.4–48.4
Содержание физической глины, %	14	25.1	15.1	4.0	60.0	16.0	18.0–33.8
Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	16	1.47	0.11	0.03	7.6	1.9	1.41–1.51
рН	15	4.15	0.49	0.13	11.8	3.1	3.93–4.42
Гумус, %	15	1.06	0.98	0.24	92.5	22.6	0.55–1.57
Сумма Са + Mg, ммоль	14	7.41	6.1	1.63	82.5	22.0	4.53–10.93
Степень насыщенности основаниями, %	14	45.0	19.8	5.3	44.0	11.7	35.6–56.4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , кг га <sup>-1</sup>	14	710	1.35	0.36	190.0	50.7	70–1490
K <sub>2</sub> O, кг га <sup>-1</sup>	14	1440	1.40	0.37	97.2	25.7	790–2240
Климатические факторы							
Осадки за год, мм	17	652	86.0	20.9	13.2	3.2	608–696
Осадки за вегетационный период, мм	17	438	124.1	30.1	28.3	6.9	375–502
Относительная влажность воздуха, %	17	69	8.0	1.94	11.6	2.8	64.9–73.1
ГТК	17	1.45	0.21	0.05	14.5	3.6	1.34–1.56
Вегетационный период, дни	17	156	8.3	2.02	5.3	1.3	152–160
Безморозный период, дни	17	161	7.3	1.77	4.5	1.1	157–165
Сумма t > 10 °C	17	2357	231.2	56.1	9.8	2.4	2239–2475
Среднегодовая t, °C	17	6.8	1.2	0.29	17.5	4.2	6.2–7.5
Абсолютный min t, °C	17	37	3.8	0.92	10.2	2.5	35–39
Абсолютный max t, °C	17	37	1.41	0.34	3.8	0.92	36–38

Примечание. n – число определений, M – среднее арифметическое, σ – среднее квадратическое отклонение, m – ошибка среднего, V – коэффициент вариации, P – показатель точности, M ± t<sub>p</sub>m – доверительный интервал.

\* За исключением насаждений III класса бонитета.

**Таблица 3.** Показатели взаимосвязи (КЭПИ) между свойствами почв и продуктивностью дуба северного

Свойства почв	КЭПИ				
	Гор. А	Гор. А+В(В)	КОС	Слой 0–100 см	Профиль
рН	0.101	0.06	<b>0.337*</b>	0.148	0.196
Степень насыщенности основаниями, %	0.177	<b>0.309*</b>	0.238	–	0.080
Сумма обменных катионов, ммоль/100 г почвы	0.202	<b>0.282*</b>	0.148	0.165	0.030
Мощность, см	0.187	<b>0.232*</b>	0.080	–	0.110
Запасы подвижного фосфора, кг га <sup>-1</sup>	0.194	<b>0.231*</b>	0.148	0.200	0.030
Плотность сложения, г см <sup>-3</sup>	<b>0.230*</b>	0.060	0.112	0.135	0.062
Общая порозность, %	0.191	0.020	<b>0.206*</b>	0.137	0.040
Валовой гумус, %	0.137	<b>0.166*</b>	0.030	0.124*	0.142
Содержание физической глины, %	0.050	0.103	<b>0.160</b>	<b>0.160*</b>	<b>0.160</b>
Запасы обменного калия, кг га <sup>-1</sup>	0.070	0.109*	0.050	0.070	0.080

Примечание. Звездочкой и жирным шрифтом выделена максимальная степень влияния каждого почвенного показателя на продуктивность дуба северного.

+10°C составляет 2206–3065, среднегодовая температура от +3.9 до +9.6°C, гидротермический коэффициент (ГТК) 1.1–1.7; продолжительность безморозного периода – 151–174 дня, вегетационного – 145–183 дня, абсолютный максимум температур не превышает 40°C, а абсолютный минимум может опускаться до – 43°C. В этих условиях дуб северный растет на уровне Ia–I класса бонитета, и лишь в Пензенской области продуктивность падает до III класса бонитета. Запас его древесины колеблется в пределах 119–850 м<sup>3</sup> га<sup>-1</sup>, в зависимости от возраста насаждений (24–83 года) и типов местообитания.

По каждому фактору находили доверительные границы ( $M \pm t_{0,05} m$ ), в пределах которых изменяется величина каждого показателя (табл. 2). Эти данные давали представление об изменчивости каждого признака и служили основанием для их ранжирования. Данные табл. 1, 2 свидетельствуют о значительной вариабельности почвенно-климатических показателей в местах произрастания дуба северного. Характеризуя экологические показатели в местах его интродукции, важным условием является установление степени влияния каждого фактора.

Проведенный анализ зависимости продуктивности насаждений дуба северного (по КЭПИ) от почвенных факторов, взятых по различным горизонтам, слоям (табл. 3) и климатическим показателям, позволил установить в каждом ряду наличие определенной связи и приоритетность тех или иных факторов. Среди почвенных факторов высокое влияние на продуктивность дуба северного оказывают рН в КОС и степень насыщенности основаниями в горизонтах А + АВ(В)

(КЭПИ = 0.337 и 0.309, соответственно). Повышенную степень связи с продуктивностью имеют: сумма обменных катионов в горизонтах А + АВ(В), плотность сложения в профиле, мощность горизонтов А + АВ(В), запасы подвижного фосфора в горизонтах А + АВ(В) и общая порозность в КОС (КЭПИ = 0.206–0.282). Среднюю степень влияния на продуктивность оказывает содержание валового гумуса в гумусовых горизонтах А + АВ(В) (КЭПИ = 0.166) и содержание частиц физической глины, численно равных в профиле, КОС и толще 0–100 см (КЭПИ = 0.160). Слабым оказалось влияние запасов обменного калия (КЭПИ = 0.109).

Среди климатических показателей наивысшую степень связи с продуктивностью обнаруживают: ГТК, осадки за вегетационный период, относительная влажность воздуха и сумма активных температур (КЭПИ = 0.608–0.530, соответственно), высокую – абсолютный минимум температур, вегетационный период и осадки за год (КЭПИ = 0.306–0.354).

Абсолютный максимум температур и безморозный период оказывают повышенное влияние на продуктивность (КЭПИ = 0.202–0.223). Годовая температура имеет среднюю степень влияния на продуктивность дуба северного (КЭПИ = 0.176).

На основании полученных условных распределений были выявлены количественные значения почвенных и климатических показателей для различных состояний средних приростов дуба северного (табл. 4).

Анализ полученных данных позволяет составить модель почвенно-климатических условий,

**Таблица 4.** Количественные значения почвенных и климатических показателей для средних приростов дуба северного

Показатель	Средний прирост, м <sup>3</sup> га год <sup>-1</sup>		
	$\frac{\geq 9}{3}$	$\frac{9-7}{2}$	$\frac{\leq 7}{1}$
pH в КОС	$\frac{4.0-4.5}{2}$	$\frac{4.0-4.5}{2}$	$\frac{\geq 4.5}{3}$
Степень насыщенности основаниями, в горизонте А+АВ (В), %	$\frac{40-60}{2}$	$\frac{40-60}{2}$	$\frac{\geq 60}{3}$
Сумма обменных катионов в А+АВ (В), ммоль/100 г почвы	$\frac{5-10}{2}$	$\frac{5-10}{2}$	$\frac{\geq 10}{3}$
Плотность сложения в горизонте А, г см <sup>-3</sup>	$\frac{\leq 1.0}{1}$	$\frac{1.0-1.25}{2}$	$\frac{\geq 1.25}{3}$
Мощность горизонтов А+АВ (В), см	$\frac{\geq 75}{3}$	$\frac{50-75}{2}$	$\frac{\leq 50}{1}$
Запасы Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> в А+АВ (В), кг га <sup>-1</sup>	$\frac{\leq 100}{1}$	$\frac{100-450}{2}$	$\frac{\geq 450}{3}$
Влажность (ранги)	$\frac{I-II}{2-3}$	$\frac{I-II}{2-3}$	$\frac{0}{1}$
Порозность в КОС, %	$\frac{\geq 50}{3}$	$\frac{45-50}{2}$	$\frac{45-50}{2}$
Гумус в КОС, %	$\frac{\geq 1.0}{3}$	$\frac{\geq 1.0}{3}$	$\frac{\leq 0.5}{1}$
Запасы обменных катионов в слое 0–100 см, т га <sup>-1</sup>	$\frac{\geq 20}{3}$	$\frac{10-20}{2}$	$\frac{10-20}{2}$
Физическая глина в КОС, %	$\frac{\geq 30}{3}$	$\frac{20-30}{2}$	$\frac{\leq 20}{1}$
Запасы К <sub>2</sub> О в горизонте А+АВ (В), кг га <sup>-1</sup>	$\frac{\geq 1000}{3}$	$\frac{\leq 500}{1}$	$\frac{\leq 500}{1}$
Запасы гумуса в слое 0–100 см, т га <sup>-1</sup>	$\frac{\geq 200}{3}$	$\frac{100-200}{2}$	$\frac{\leq 100}{1}$
ГТК	$\frac{1.3-1.5}{2}$	$\frac{\geq 1.5}{3}$	$\frac{\leq 1.3}{1}$
Осадки за вегетационный период, мм	$\frac{350-500}{2}$	$\frac{\geq 500}{3}$	$\frac{\leq 350}{1}$
Относительная влажность воздуха, %	$\frac{\geq 73}{3}$	$\frac{60-73}{2}$	$\frac{\leq 60}{1}$
Сумма активных температур выше +10 °С	$\frac{\geq 2475}{3}$	$\frac{2230-2475}{2}$	$\frac{2230-2475}{2}$
Осадки за год, мм	$\frac{600-700}{2}$	$\frac{\geq 700}{3}$	$\frac{\leq 600}{1}$
Вегетационный период, дни	$\frac{\geq 160}{3}$	$\frac{150-160}{2}$	$\frac{\leq 150}{1}$
Абсолютный минимум температур, °С	$\frac{\leq 35}{1}$	$\frac{35-39}{2}$	$\frac{\geq 39}{3}$
Безморозный период, дни	$\frac{157-165}{2}$	$\frac{\geq 165}{3}$	$\frac{\leq 157}{1}$
Абсолютный максимум температур, °С	$\frac{\leq 36}{1}$	$\frac{36-38}{2}$	$\frac{\geq 38}{3}$
Среднегодовая температура, °С	$\frac{6-7}{2}$	$\frac{\geq 7}{3}$	$\frac{\leq 6}{1}$

Примечание. В числителе – значение показателя, в знаменателе – ранг факторов.

обеспечивающих продуктивность насаждений дуба северного на уровне I–Ia классов бонитета.

Дуб северный успешно растет на бурых лесных, дерново-подзолистых, темно-серых лесных почвах, выщелоченных черноземах легко и среднесуглинистого гранулометрического состава в КОС, с мощностью горизонтов А + АВ(В) более 75 см. Исследованиями установлено, что для дуба северного наиболее благоприятными являются рыхлые ( $d_v < 1.0 \text{ г см}^{-3}$  в горизонте А, с порозностью более 50% в КОС) почвы с содержанием гумуса в КОС более 1.0% при наличии запасов подвижного калия в горизонтах А + АВ(В) более  $1000 \text{ кг га}^{-1}$ , фосфора – менее  $100 \text{ кг га}^{-1}$  и суммы обменных оснований в пределах 5–10 ммоль/100 г почвы. Степень насыщенности основаниями должна быть в пределах 40–60%. Дуб северный выдерживает сильно-кислую реакцию почв –  $\text{pH}_{\text{КСЛ}}$  4.0–4.5 в КОС. Противоречивость связи некоторых показателей ( $\text{pH}_{\text{КСЛ}}$ , обменные катионы, запасы подвижного фосфора) с продуктивностью вполне объяснима. В частности, данные табл. 5 свидетельствуют, что наибольшая продуктивность дуба северного отмечается при сильнокислой реакции почвенного раствора, а при изменении величины рН в кислую и слабокислую сторону она снижается. Это не противоречит данным Х. Эйзенрейха [22] и Ф.Н. Харитоновича [20], которые указывают, что дуб северный более устойчив к повышенной кислотности, чем дуб черешчатый и способен расти даже на кислых кварцевых порфиритах. Опытные данные [10] также свидетельствуют, что сеянцы дуба северного успешно растут в довольно широком диапазоне реакции почвы – от кислой до нейтральной. В слабощелочной среде рост сеянцев замедляется. Видимо, в процессе филогенеза он был более приспособлен к кислой реакции и более чувствителен к избытку кальция, что проявляется уже на стадии сеянцев.

Высокая кислотность у большинства почв обусловлена обменным алюминием, наличие которого приводит к связыванию фосфатов в малорастворимые алюмофосфаты, и это также объясняет генетическую обусловленность высокой продуктивности дуба северного при небольших запасах подвижного фосфора.

На основании представленных данных можно спрогнозировать оптимальные климатические условия для успешного роста дуба северного. Он растет на уровне Ia класса бонитета в условиях с суммой активных температур более  $2475^\circ\text{C}$ , с годовой суммой осадков 600–700 мм (в пределах

350–500 мм и более за вегетацию) при относительной влажности воздуха  $> 73\%$ .

Благоприятный для успешного роста гидро-термический коэффициент должен быть не менее 1.3, т.е. необходима хорошая водообеспеченность территории. Вегетационный период в местах его произрастания должен быть более 160 дней, а безморозный период – более 157 дней. Наивысшая продуктивность достигается, если зимняя температура не опускается ниже  $-35^\circ\text{C}$ , а летняя не превышает  $+36^\circ\text{C}$ . Среднегодовая температура не должна быть ниже  $+6^\circ\text{C}$ .

Анализ лесорастительных условий дуба северного позволяет установить довольно ограниченный специфический искусственный ареал, в пределах которого культуры дуба северного более продуктивны, чем культуры дуба черешчатого. Исходя из этого, лесные промышленные культуры в РФ рекомендуются в Калининградской и Брянской областях.

Ареал озеленительной культуры дуба северного, где он в полной мере проявляет свои очевидные преимущества в декоративности и газоустойчивости перед дубом черешчатым занимает помимо вышеперечисленных регионов, еще Смоленскую, Калужскую, Тульскую, Московскую, Липецкую, Тамбовскую, Курскую, Орловскую, северную часть Воронежской обл.

Дополнительным методом оценки продуктивности насаждений в зависимости от условий почвенного питания является метод листовой диагностики. Для ряда местных древесных пород (сосна и ель) получены так называемые “предельные числа” содержания азота, фосфора и калия в хвое, характеризующие ту или иную продуктивность насаждений. Для интродуцированных древесных пород такие данные нами получены для видов пихт, псевдотсуги и сосны веймутовой [2–4]. Для дуба северного таких данных нет. Исследования показали, что пределами, обеспечивающими высокую продуктивность дуба северного на уровне Ia класса бонитета являются величины содержания в листьях: азота 2.65%, фосфора 0.53%, калия 1.13%. Для первого класса бонитета, соответственно, 2.39, 0.48 и 1.35%, для второго – 1.91, 0.35 и 1.20%, но эти данные не дают четких критериев для различных классов роста. Более показательной оценкой продуктивности оказалось соотношение элементов в листьях. Рассчитанные нами коэффициенты показывают определенную закономерность их соотношения в зависимости от класса роста. Для самого высокого Ia класса бонитета соотношение N : P : K составляет 61.3 : 13.3 : 25.4, для I класса бони-

тета – 56.6 : 11.4 : 32.0, для II – 55.2 : 10.1 : 34.7, т.е. с уменьшением доли азота и фосфора и возрастанием содержания калия нарушается соотношение элементов-биофилов, что приводит к ухудшению роста дуба северного.

В качестве эталонной породы в районах произрастания дуба северного взят дуб черешчатый. Исследования показали, что пределами, обеспечивающими продуктивность дуба черешчатого на уровне Ia класса бонитета, являются величины содержания в листьях: азота 2.79%, фосфора 0.61%, калия 1.09%, для I класса, соответственно, 2.48, 0.61 и 1.24%, для II – 1.52, 0.47 и 0.91%. Рассчитанные коэффициенты соотношения элементов N : P : K составляют для Ia класса бонитета 62.1 : 13.6 : 24.3, для I – 57.3 : 14.1 : 28.6, для II – 52.4 : 16.2 : 31.4, т.е. с падением продуктивности снижается накопление в листьях азота и увеличивается накопление калия и фосфора. По сравнению с дубом северным в листьях дуба черешчатого с ухудшением роста увеличивается содержание фосфора, и в этом их отличие.

Таким образом, если соотношение 61.3 : 13.3 : 25.4 в листьях дуба северного и 62.1 : 13.6 : 24.3 в листьях дуба черешчатого принять в качестве “видового генотипического отношения”, то всякое отклонение от него будет свидетельствовать о несбалансированности питания, что ведет к ухудшению роста этих древесных пород.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о целесообразности и возможности выращивания дуба северного в качестве перспективной породы для озеленения и лесных культур на уровне Ia–I класса бонитета в достаточно широком диапазоне почвенно-климатических условий на европейской территории России. При подборе лесокультурных площадей можно ориентироваться на данные, представленные в табл. 4.

**Выводы 1.** Дуб северный является важной для хозяйственного и декоративного использования древесной породой и может быть рекомендован для выращивания в широком диапазоне почвенно-климатических условий на европейской территории страны.

2. Наивысшую продуктивность дуб северный показывает при количестве осадков за вегетационный период в пределах 350–500 мм, а за год – 600–700 мм, при ГТК от 1.3 до 1.5, относительной влажности воздуха выше 73%, сумме активных температур более 2475°C, продолжительности вегетационного периода более 160 дней и абсолютном минимуме температур, не опускающемся ниже –35°C.

Лучший рост дуба северного наблюдается на свежих влажных, сильнокислых (рН 4.0–4.5), среднесуглинистых почвах в пределах КОС – с хорошо развитым гумусовым горизонтом А + АВ(В) (> 75 см), с низкой плотностью сложения в гумусовом горизонте А (< 1.0 г см<sup>-3</sup>) и порозностью в КОС более 50% при средневзвешенном содержании гумуса в КОС более 1.0%.

3. Дополнительным методом оценки продуктивности насаждений в зависимости от условий почвенного плодородия является метод листовой диагностики с оценкой соотношения азота, фосфора и калия в листьях. Для Ia класса бонитета дуба северного соотношение N : P : K составляет 61.3 : 13.3 : 25.4. Это соотношение можно принять в качестве “видового генотипического отношения”. Всякое отклонение от него будет свидетельствовать о несбалансированности питания и скажется на снижении продуктивности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Александрович В.Е., Беляев А.Б., Болотов Н.А. Динамика и индикаторное содержание азота, фосфора и калия в хвое интродуцированных видов пихты // Генетика, селекция, семеноводство и интродукция древесных пород. Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1976. Вып. 3. С. 115–120.
3. Беляев А.Б. Экологические факторы оптимального роста лжетсуги Мензиса при ее интродукции в новые условия местообитания // Вестник ВГУ. Сер. “Химия, биология”. 2001. № 2. С. 101–105.
4. Беляев А.Б. Экологические факторы роста сосны веймутовой // Лесоведение. 2005. № 3. С. 46–52.
5. Бродович Т.М. Дуб северный (красный) в лесных культурах западных областей УССР // Тр. Львовского ЛТИ. Т. III. 1957. С. 234–241.
6. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
7. Вехов Н.К. Быстрота роста экзотов в условиях степи. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949. 84 с.
8. Гурский А.В. Красно-Тростянецкая лесная опытная станция. Харьков: Изд-во ХСХИ. 1959. 116 с.
9. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. 292 с.
10. Иванов А.Ф., Дерюгина Т.Ф., Кравченко Л.В., Новикова А.А., Рахтеенко Л.И. Биология древесных растений. Минск: Наука и техника, 1975. 264 с.
11. Калуцкий К.К., Болотов Н.А., Куцевалов М.А., Беляев А.Б. Итоги изучения высокопродуктивных лесобразующих интродуцентов в Европейской части СССР. Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1982. 60 с.

12. *Крюков В.В., Беляев А.Б.* Об интродукции дуба северного в Европейской части СССР // Лесн. хоз-во. 1981. № 4. С. 67–69.
13. *Куркаев В.Т.* Ускоренное определение азота, фосфора и калия в растениях из одной навески // Почвоведение. 1959. № 9. С. 114–117.
14. *Прикладовская Н.Ф.* Меженецкое лесничество – очаг интродукции дуба северного // Бюлл. ГБС. 1959. Вып. 35. С. 35–40.
15. Программа и методика биогеоценологических исследований. М.: Наука, 1979. 403 с.
16. *Пузаченко Ю.Г., Карпачевский Л.О., Взнуздаев Н.А.* Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности // Закономерности пространственного варьирования почв. М.: Наука, 1969. С. 103–121.
17. Рекомендации для массового внедрения в лесные культуры европейской части СССР видов дуба / Сост. *Болотов Н.А., Крюков В.В., Беляев А.Б., Курцвалов М.А.* Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1983. 25 с.
18. Типовая методика обобщения опыта интродукции лесообразующих пород / Сост. *Болотов Н.А., Курцвалов М.А., Беляев А.Б., Андриющенко Г.С.* Воронеж: ЦНИИЛГиС, 1978. 83 с.
19. *Федорук А.Т.* Интродуцированные деревья и кустарники западной части Белоруссии. Минск: Изд-во БГУ, 1972. 187 с.
20. *Харитонович Ф.Н.* Биология и экология древесных пород. М.: Лесн. пром-сть, 1968. 304 с.
21. *Шумаков В.С., Федорова Е.Л.* Применение минеральных удобрений в лесу. М.: Лесн. пром-сть, 1970. 88 с.
22. *Эйзенрейх Х.* Быстрорастущие древесные породы. М.: Изд-во ин-та лит-ры, 1959. 508 с.
23. *Fowels H.A.* Silvies of forest trees of the United States // *Agriculture Handbook*. Washington, 1965. 762 p.
24. *Wehrmann J.* Moglichkeiten und Grenzen der Blattanalyse in der Forstwirtschaft // *Landwirtsch. Forsch.* 1963. В. 16. 2. S. 130–145.

## Soil-Climatic Factors of Oak Growth and Productivity in Its Introduction

**A. B. Belyaev, D. I. Shcheglov**

The soil cover, taxation and climatic characteristics in the areas of primary oak (*Quercus borealis* Mich.) introduction were studied in European Russia and adjacent states using the same program and methods accepted for biogeocenological investigations. Methods of statistic and information analyses were used for processing the field and laboratory materials. Each of the climatic and soil indices (factors) was assessed by the coefficient characterizing the intensity of information transmission to the phenomenon studied that is the mean increment of reserves in pure stands with a stocking of 1.0. The best growth of *Quercus borealis* is observed on fresh-moist acid (pH 4.0–4.5) loamy soils with well-developed humus horizon A + AB(B) (> 75 cm). The bulk density of the humus horizon (root-dwelling layer) is < 1.0 g cm<sup>-3</sup>, porosity > 50%, and the mean humus content > 1.0%. The highest productivity of oak was found at precipitation 300–500 mm for growing period, hydrothermal coefficient > 1.3, relative air humidity > 73%, sum of active (> 10°C) temperatures > 2475°C, duration of growing period > 160 days, and absolute minimum temperature not lower than – 35°C.