

УДК 634.965.2:634.93

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ СЕЯНЦЕВ ВЯЗА В ПИТОМНИКАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ

Морозова Е.В., Иозус А.П.

Камышинский технологический институт (филиал) ГОУ «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: phis@kti.ru

В степной зоне сосредоточен основной объем агролесомелиоративных работ в нашей стране. Основными лимитирующими климатическими факторами для роста растений в степной зоне являются сумма радиации, тепло и относительная влажность воздуха. В статье рассматривается влияние теплообеспеченности и относительной влажности воздуха на развитие сеянцев вяза в лесных питомниках степной зоны. Для установления закономерности влияния климатических факторов на развитие сеянцев вяза были использованы методы регрессионного анализа. В результате обработки опытных данных установлено, что зависимость между теплообеспеченностью и развитием сеянцев вяза лучше всего описывается уравнениями показательного (экспоненциального) типа. На основе уравнений такого типа построена многофакторная регрессионная модель зависимости развития сеянцев вяза от климатических факторов. Полученные результаты могут служить основой для научного обоснования выхода посадочного материала в питомниках в зависимости от географического положения мест выращивания.

Ключевые слова: сеянцы, вяз, регрессионный анализ, теплообеспеченность, относительная влажность воздуха, климатические факторы, развитие, питомник

THE USE OF THE REGRESSION ANALYSIS TO STUDY THE IMPACT OF THE CLIMATIC FACTORS ON THE DEVELOPMENT OF ELM'S SEEDLINGS IN NURSERIES OF THE STEPPE ZONE

Morozova E.V., Iozus A.P.

Reader of Kamyshtin Technological Institut (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyshtin, e-mail: phis@kti.ru

In the steppe zone is concentrated the bulk of works on agroforestry in our country. The amount of radiation, the solar heat and the relative air humidity are the main limiting climatic factors for the growth of plants in the steppe zone. The article examines the impact of the thermal conditions and relative air humidity on development of the elm's seedlings in forest nurseries of the steppe zone. The methods of regression analysis were used to establish regularities of influence of the climatic factors on the development of elm's seedlings. As a result of handling empirical data found that the relationship between the availability heat and the development of elm's seedlings is best described by equations exponential type. The multifactor regression model of dependence of the development of elm's seedlings from climatic factors was created on basis of the equations of this type The results can serve as a basis for the scientific substantiation of the yield of planting material in nurseries, depending on the geographical location of places of cultivation.

Keywords: seedlings, elm, regression analysis, solar heat, relative air humidity, climatic factors, development, nursery

Необходимыми условиями жизни растений являются питательные вещества, влага, газовый состав и влажность воздуха, свет и тепло. Для сеянцев древесных пород, выращиваемых в лесных питомниках, наукой и практикой [1, 3, 4] установлены оптимальные параметры большинства этих факторов, которые удовлетворяются за счет местных естественных климатических ресурсов и применения специальной агротехники.

В современных орошаемых питомниках в любых географических пунктах питательный, водный и газовый режимы являются относительно легко регулируемые земными факторами, ни один из этих условий жизни сеянцев не может объективно лимитировать продуктивность лесных питомников в разных географических пунктах выращивания.

Труднее поддаются регулированию космические условия роста растений – свет, тепло и относительная влажность приземного слоя. К.А. Тимирязев [6] указывал: «... предел плодородия данной площади земли

определяется не количеством удобрения, которое мы могли бы ей доставить, не количеством влаги, которую мы ее оросим, а количеством световой энергии, которую посылает на данную поверхность солнце».

От количества световой энергии, как известно, зависят теплообеспеченность и в большой степени относительная влажность воздуха приземного слоя почвы, которые определяют возможный предел продуктивности питомников в географическом аспекте.

Рассмотрим влияние этих факторов на продуктивность лесных питомников в степной зоне, в которой сосредоточен основной объем агролесомелиоративных работ в нашей стране.

Степная зона России простирается длинной, сравнительно узкой полосой от западной границы до предгорий Алтая на востоке, в связи с этим изменения основных составля-

ющих климата: радиационный баланс, сумма активных температур, длина вегетационного периода – более контрастно выражены в направлении с запада на восток, чем с севера на юг. Фотосинтетически активной радиации в пределах степи достаточно для развития полевых культур. Таким образом, основными лимитирующими факторами для роста растений в степной зоне являются сумма радиации, тепло и относительная влажность воздуха.

Имеющиеся литературные данные [1, 3, 4] показали, что сеянцам каждой породы, независимо от мест выращивания для прохождения биологических циклов роста и развития за вегетационный период, нужна определенная, биологически потребная сумма температур, складывающаяся из среднесуточных температур больше + 10 °С за период от начала появления всходов до закладки верхушечной почки. Для однолетних сеянцев сосны она ориентировочно равна 3000–3100°, вяза обыкновенного – 2900–3000°, березы – 2600–2700°, ясеня зеленого – 1600–1700° и т.д. Из этого следует, что биологические возможности сеянцев древесных пород могут быть полностью использованы с получением максимальной массы в географических районах, достаточно обеспеченных тепловыми ресурсами. Там же, где теплообеспеченность местности ниже биологической потребности, однолетние сеянцы древесных пород преждевременно закладывают верхушечные почки и заканчивают рост, не достигая биологически возможной величины. В таких районах обосновано применение теплиц с полиэтиленовым покрытием для искусственного удлинения вегетационного периода.

Вторым важным фактором, определяющим возможный рост древесных растений в питомниках, является относительная влажность воздуха. О влиянии роли этого метеорологического элемента на фотосинтез указывал К.А. Тимирязев [7]. Установлено, что относительная влажность оказывает влияние на рост растений в сочетании с температурой. Так, при низкой относительной влажности и температуре 20–25 °С

наступает депрессия фотосинтеза, в то время как при высокой относительной влажности (70–90%) депрессия наступает лишь при температуре 40–45 °С.

В задачу исследований входило изучение зависимости роста сеянцев вяза от теплообеспеченности мест выращивания.

Для этой цели был проведен посев семян вяза приземистого в двух географических пунктах степной зоны – в Шахматовском опытно-производственном лесопитомнике Оренбургской области и питомнике ВНИАЛМИ (г. Камышин).

Обыкновенные черноземы Шахматовского питомника имеют легкий механический состав, содержат 4–5% гумуса. Средняя многолетняя температура воздуха составляет 5 °С, среднемноголетнее количество осадков в год – 315 мм, относительная влажность воздуха за вегетационный период (май – октябрь) – 61%, сумма температур выше 10 °С – около 2500°, радиационный баланс – 43,7 ккал/см² в год.

Опытный питомник ВНИАЛМИ представляет собой искусственно построенный участок для выращивания сеянцев в бетонированных грядках, заполненных плодородным растительным грунтом светло-каштанового типа легкого механического состава, содержащим около 3% гумуса. Среднемноголетняя температура воздуха составляет + 7,6 °С, количество осадков 318 мм, относительная влажность воздуха за период вегетации (май – октябрь) – 52%, сумма температур выше + 10° – около 3300°, радиационный баланс – 50,1 ккал/см² в год.

Агротехника выращивания сеянцев вяза в обоих пунктах не имела отличий. Она включала посев одной партией семян с одинаковой нормой, схемой и нагрузкой сеянцев на единицу площади, подкормку и полив в объеме рекомендуемого оптимума.

На опытных участках ежемесячно определяли сухую массу и высоту сеянцев. Биометрические исследования сопровождались анализом температур за период выращивания (табл. 1).

Таблица 1

Сухая масса и высота сеянцев вяза приземистого в сезонном цикле в зависимости от теплообеспеченности пунктов выращивания

| месяц | с. Шахматовка | | | г. Камышин | | |
|-------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----------------------------|
| | Сумма температур выше 10 °С | Относительная влажность воздуха, % | Сухая масса 10 сеянцев, г. | Сумма температур выше 10 °С | Относительная влажность воздуха, % | Сухая масса 10 сеянцев, г. |
| I | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| V | 390 | 52 | 0,1 | 446 | 62 | 3,1 |
| VI | 853 | 74 | 1,6 | 953 | 64 | 9,0 |
| VII | 1450 | 74 | 4,4 | 1625 | 58 | 14,7 |

| Окончание табл. 1 | | | | | | |
|-------------------|------|----|------|------|----|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| VIII | 1991 | 63 | 11,4 | 2282 | 50 | 26,0 |
| IX | 2310 | 63 | 23,4 | 2757 | 63 | 32,2 |
| среднее | 1399 | 65 | 8,18 | 1691 | 59 | 17 |

Для установления зависимости сухой массы семян вяза приземистого от теплообеспеченности рассмотрели основные виды уравнений парной регрессии: линейное, экспоненциальное и логарифмическое

(табл. 2). Для каждого варианта опыта коэффициенты для уравнений зависимости массы от фактической теплообеспеченности вычислили методом наименьших квадратов [2, 5].

Таблица 2

Уравнения зависимости прироста сухой массы семян вяза приземистого (y) от суммы температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ (T)

| Вид уравнения регрессии | с. Шахматовка | | г. Камышин | |
|-------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| | уравнение | коэффициент детерминации R^2 | уравнение | коэффициент детерминации R^2 |
| линейное | $y = 0,0109T - 7,1135$ | 0,8187 | $y = 0,0126T - 3,3659$ | 0,9866 |
| логарифмическое | $y = 10,585 \ln T - 66,629$ | 0,6443 | $y = 15,378 \ln T - 93,746$ | 0,8922 |
| экспоненциальное | $y = 0,0768e^{0,0026T}$ | 0,9215 | $y = 2,7134e^{0,0017T}$ | 0,9375 |

В результате обработки опытных данных установлено, что зависимость прироста сухой массы вяза от теплообеспеченности мест выращивания наиболее хорошо (с достоверностью аппроксимации $R > 0,96$) описывается уравнением экспоненциального типа (табл. 2, рисунок):

$$y = A \cdot e^{kT}, \quad (1)$$

где y – масса семян; A – свободный член; k – коэффициент; T – сумма температур больше $+10^{\circ}\text{C}$ за период выращивания.

Расчеты подтверждают тесную корреляционную связь роста сухой массы семян вяза от температуры (корреляционное отношение 0,96–0,99).

Графики накопления сухой массы y семян вяза по каждому варианту выращивания (рисунок) показывают, что при одной и той же температуре прирост органической массы семян в питомнике ВНИАЛМИ отличается по сравнению с Шахматовским питомником. Можно предположить, что это объясняется влиянием относительной влажности воздуха.

Учитывая фактор влажности воздуха, путем изменения в уравнении (1) коэффициента k и свободного члена A , функционально с ним связанных, получим общее уравнение зависимости органической массы семян от двух трудноуправляемых климатических факторов – суммы темпера-

тур выше $+10^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха пунктов выращивания. Уравнение (1) путем логарифмирования обеих его частей было преобразовано к виду:

$$\ln y = \tilde{A}(w) + k(w)T, \quad (2)$$

где y – масса семян; $\tilde{A}(w)$, $k(w)$ – функции, зависящие от относительной влажности воздуха; T – сумма температур больше $+10^{\circ}\text{C}$ за период выращивания.

В результате расчетов методами регрессионного анализа [2] получили уравнение прироста органической массы семян вяза

$$\ln y = (0,44 - 0,44w) + 10^{-4}(39,1 - 0,07w)T, \quad (3)$$

где y – прирост массы семян вяза; w – средняя относительная влажность воздуха за вегетационный период; T – сумма температур выше $+10^{\circ}\text{C}$ за вегетационный период.

Используя полученные уравнения, можно прогнозировать выход органической массы семян вяза в различных географических точках в зависимости от их теплообеспеченности и средней относительной влажности воздуха за вегетационный период. Исследованиями установлено, что выход стандартных семян при одной и той же массе их на единице площади находится в большой зависимости от густоты растений, т.е. величины площади питания. Для вяза, например, 75% стандартного посадочного материала можно получить при густоте 600 шт. на 1 га

питомника. При такой густоте посадки построенные уравнения регрессии должны быть справедливы для орошаемых питомников степной зоны (табл. 3).

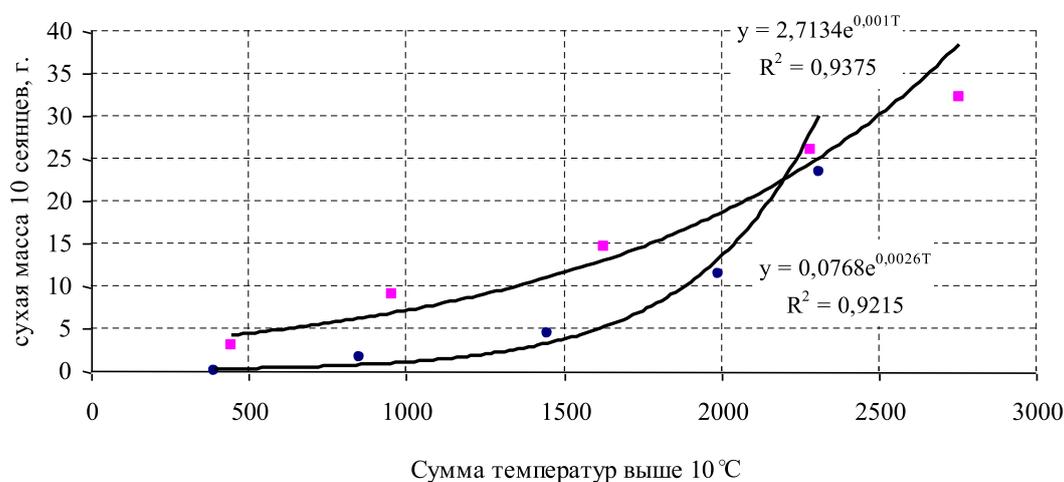


Диаграмма рассеяния и уравнение регрессии (с коэффициентом детерминации R^2), описывающее зависимость сухой массы семян вяза от теплообеспеченности: 1 – г. Камышин, 2 – с. Шахматовка

Таблица 3

Продуктивность однолетних семян вяза в разных географических пунктах

| Пункты выращивания | Сумма температур выше + 10 °С | Средняя относительная влажность воздуха за вегетационный период | Продуктивность сухой массы, ц/га |
|--------------------|-------------------------------|---|----------------------------------|
| Актюбинск | 2740 | 52 | 33 |
| Волгоград | 3300 | 52 | 120 |
| Камышин | 3120 | 53 | 100 |
| Куйбышев | 2600 | 60 | 49,5 |
| Оренбург | 2590 | 56 | 33 |
| Павлодар | 2450 | 59 | 29 |
| Ростов | 3200 | 56 | 135 |
| Саратов | 2870 | 55 | 62 |
| Уральск | 2820 | 55 | 59 |
| Целиноград | 2290 | 58 | 22 |

Выводы

При высокой агротехнике выращивания семян в открытом грунте основными факторами, лимитирующими продуктивность питомников в различных географических районах, являются сумма активных температур и относительная влажность воздуха.

Установленные математические связи прироста органической массы семян вяза от основных климатических факторов теплообеспеченности и относительной влажности воздуха позволили построить уравнения выхода посадочного материала в зависимости от этих климатических факторов.

Полученные результаты могут служить основой для научного обоснования выхода

посадочного материала в лесных питомниках в зависимости от географического положения мест выращивания.

Список литературы

1. Байтулин И.О. Создание лесного питомника и технология выращивания посадочного материала. – Костанай: Костанайполиграфия, 2009. – 48 с.
2. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 366 с.
3. Маттис Г.Я. Интенсификация выращивания посадочного материала для защитного лесоразведения. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 144 с.
4. Новосельцева А.И., Смирнов Н.А. Справочник по лесным питомникам. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 280 с.
5. Стрижов В.В., Крымова Е.А. Методы выбора регрессионных моделей. – М.: ВЦ РАН, 2010. – 60 с.
6. Тимирязев К.А. Избранные сочинения по хлорофиллу и усвоению света растением. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1948. – 360 с.