¹Л. Ю. Новикова, снс группы агрометеорологии, к. т. н.,

²Л. Г. Наумова, внс лаб. ампелографии, к. с.-х. н.,

¹ФГБНУ «ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова», г. Санкт-Петербург,

²ВНИИВиВ им. Я. И. Потапенко – филиал ФГБНУ «Федеральный Ростовский аграрный научный центр», г. Новочеркасск

¹*l.novikova@vir.nw.ru*, ²*L.Gnaumova@yandex.ru*

УДК 57.033:634.8

DOI 10.31676/2073-4948-2018-55-138-141

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ВИНОГРАДА*

Резюме. Нами созданы оригинальная динамическая модель регуляции фенологии винограда системой температурных минимумов фенофаз и компьютерная программа, которая с суточным шагом рассчитывает динамику состояния растения, адаптирующегося к изменению температуры воздуха. Целью данной работы была верификация и валидация модели. Материалом послужили 12 сортов коллекции ВНИИВиВ им. Я. И. Потапенко. Результаты подтвердили адекватность модели и ее способность к прогнозированию.

Ключевые слова: виноград, фенология, динамическая модель.

Summary. We have created an original dynamic model of grape phenology regulation by the system of temperature minima of phenophases and a computer program that calculates the dynamics of the plant state, adapting to changes in air temperature with a daily step. The aim of this work was to verify and validate the model. 12 varieties of collection of Ya. I. Potapenko Research Institute of viticulture and winemaking served as materials for the study. The results confirmed the adequacy of the model and its ability to forecasting.

Keywords: grape, phenology, dynamic model.

Введение

Моделирование фенологии является основой прогнозирования эффективности возделывания винограда в меняющихся климатических условиях [1, 2]. В агрометеорологии винограда используются модели нескольких типов: регрессионные модели зависимости от различных температурных показателей, в том числе дат перехода выше 15, 20 °C [3]; модели постоянства сумм температур для винограда, в основном выше 10 °C, часто с поправками на балластные температуры выше 22-25 °C [3, 4]; динамические модели [5]. Однако в условиях сортосмены, изменения агротехники и климата точность старых моделей недостаточна [6]. Динамическое моделирование, основанное на имитации процессов, происходящих в растении, может оказаться особенно полезным в условиях климатических изменений [2].

*работа поддержана грантом РФФИ № 18-016-00213.

При корреляционно-регрессионном анализе фенодат 71 сорта винограда Донской ампелографической коллекции им. Я. И. Потапенко в 1981-2014 гг. мы установили, что дата распускания почек положительно и сильно коррелирует с переходом температур выше 10-11 °C (средний по сортам коэффициент корреляции $r = 0,85$), цветения – выше 14-15 °C ($r = 0,88$). Распускание почек наблюдается в среднем спустя 15 суток после устойчивого перехода температур выше 10 °C; цветение – 28 суток после перехода температур выше 15 °C [7]. Эти наблюдения привели к гипотезе о том, что весной – в начале лета температурный оптимум растения следует за внешней температурой с ограниченной скоростью и запаздыванием. Продолжительность периода «цветение – созревание» сортоспецифична и относительно стабильна по годам.

Модель [8] основана на следующих предположениях:

1. Состояние растения может быть описано температурой, к которой растение в данный момент адаптировано (T_{in}). Оно совпадает с температурой воздуха (T_{out}) при медленном изменении внешней температуры, но запаздывает при быстром росте;

2. В период роста температуры весной – в начале лета скорость изменения T_{in} тем выше, чем больше состояние растения отстает от внешней температуры, где q – константа скорости реакции на повышение температуры, Δt – малый интервал времени;

3. При достижении состоянием растения температурных минимумов вегетативных фенофаз и начала цветения эти фазы начинаются;

4. Продолжительность периода «цветение – созревание» принята сортоспецифичной константой. В Delphi 2006 была написана программа SEASONS динамики T_{in} с суточным шагом, определены параметры для 6 групп сортов по срокам созревания [8].

Цель исследования – верификация и валидация модели.

Материалы и методы

Объектом исследования были даты распускания почек, цветения, созревания 12 сортов винограда из Донской ампелографической коллекции им. Я. И. Потапенко: Тасон, Восторг, Сибирьковский, Димацкун, Пухляковский белый, Рислинг рейнский, Плечистик, Красностоп золотовский, Цимлянский черный, Каберне Совиньон, Молдова, Рубиновый Магарача – различного географического происхождения, направления использования, с продолжительностью продукционного периода от 103 до 149 суток. По обучающей выборке 1981-2014 гг. для каждого сорта была рассчитана средняя продолжительность периода «цветение – созревание», сумма активных температур от распускания почек до созревания ягод. В качестве тестовой выборки использованы 2015, 2016 и 2017 гг. Параметры модели подбирались

минимизацией абсолютной ошибки аппроксимации по обучающей выборке наблюдений 1981-2014 гг.

Результаты и обсуждение

Параметры сортов разных сроков созревания в период «начало сокодвижения – распускание почек – начало цветения» были практически одинаковы для разных групп созревания: в период «начало сокодвижения – начало распускания почек» $q = 0,07 \text{ сут}^{-1}$, «начало распускания почек – начало цветения» $q = 0,02 \text{ сут}^{-1}$; температурный минимум начала распускания почек 11°C , начала цветения – 15°C . Ошибка аппроксимации модели в 1981-2014 гг. составила для дат распускания почек и цветения у разных сортов 3-5, созревания ягод – 6-9 суток, или 5,1-8,0% продолжительности продукционного периода. Ошибка аппроксимации в пределах 10% подтвердила высокое качество модели.

Тестовые годы 2015-2017 гг. характеризовались повышенными суммами температур по сравнению со средними за 1981-2014 гг., сумма температур выше 10°C составила в 1981-2014 гг., в среднем 3494°C ; а в 2015, 2016, 2017 гг. – 3665, 3742, 3564 $^\circ\text{C}$ соответственно. Рост температур в Ростовской обл. сопровождался уменьшением влагообеспеченности. Суммы осадков за период с температурами выше 10°C в 1981-2014 гг. составили в среднем 280, а в тестовые годы – 134, 371, 187 мм; в 2016 г. их было больше за счет осадков мая и июля. Распускание почек начиналось с разницей в 16 суток: 02.05.15, 17.04.16, 27.04.17. Модель SEASONS отразила контрастность лет, расчетные даты составили 29.04.15, 15.04.16, 30.04.17, т. е. различались также на 2 недели. Распускание почек и цветение в среднем по 12 сортам прогнозировалось в 2015-2017 гг. с точностью 3 суток (2-5 у разных сортов), полная зрелость ягод – 5 суток (1-14), ошибка расчета продолжительности периода «распускание почек – созревание» составила 4,1% (1,2-10,7%), что говорит о пригодности модели для прогнозирования.

Ошибка прогноза продолжительности продукционного периода на 2015-2017 гг. по суммам активных температур была больше и составила в среднем по сортам 9,0%.

Выводы

На выборке 12 сортов в 1981-2014 гг. было подтверждено высокое качество модели SEASONS: ошибка аппроксимации составила для дат распускания почек и цветения 3-5 суток, созревания 6-9 суток, или 5,1-8,0% продолжительности продукционного периода.

Точность прогноза даты полной зрелости ягод модели SEASONS на 2015-2017 гг. составила 5 суток, или 4,1% продолжительности продукционного периода, что говорит о пригодности для прогнозирования и более высокой

прогностической способности модели, чем у метода сумм температур, показавшего точность 9,0%.

Список использованной литературы

1. Quenol H., Grosset M., Barbeau G., K.van Leeuwen, Hofmann M., Foss Ch., Irimia L., Rochard J., Boulanger J.-Ph., Tissot C., Miranda K. Adaptation of viticulture to climate change: high resolution observation of adaptation scenario for viticulture // Bull. de l'OIV, 2014. – N1001-1002-1003 : Vol. 87. – P. 385-406.
2. **Топаж А. Г.** Динамические модели продуктивности – тупик или распутье? // Математические модели природных и антропогенных экосистем. – СПб: АФИ, 2014. – С. 48-69.
3. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. Технические, овощные, плодовые, субтропические культуры, травы, пастбищная растительность, отгонное животноводство. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – Т. 2. – 264 с.
4. **Molitor D., Junl J., Evers D., Hoffmann L., Beyer M.** A high-resolution cumulative degree day-based model to simulate phenological development of grapevine // Am. J. Enol. Vitic., 2014. – 65:1. – P. 72-80.
5. **Ferguson J. C., Tarara L. J., Mills L. J., Groeve G. G., Keller M.** Dynamic thermal time model of codhardiness for dormant grapevine buds // Ann. Bot., 2011. – 107. – P. 389-396.
6. **Richardson A. D., Anderson R. S., Arain M. A. et al.** Terrestrial biosphere models need better representation of vegetation phenology: results from the North American Carbon Program Site Synthesis // Glob. Change Biol., 2012. – 18. – P. 566-584.
7. **Новикова Л. Ю., Наумова Л. Г.** Температурные потребности фенологических фаз распускания почек и цветения винограда в Ростовской области // Плодоводство и ягодоводство России, 2016. – Т.46. – С. 292-296.
8. **Новикова Л. Ю., Наумова Л. Г.** Динамическая модель сезонного развития винограда // Агрофизика, 2018. – № 2. – С. 46-52 (DOI: 10.25695/AGRPH.2018.02.07).

¹L. Y. Novikova, ²L. G. Naumova

¹N. I. Vavilov Research Institute of Plant Industry, St. Petersburg, Russia

²Ya. I. Potapenko Research Institute of viticulture and winemaking,
Novocherkassk, Russia

USE OF DYNAMIC MODELING FOR THE DESCRIPTION OF LIFE CYCLE OF GRAPE