

6. Nikiforova L.O., Belopol'skii L.M. Vliyanie tyazhelykh metallov na protsessy biokhimicheskogo okisleniya organicheskikh veshchestv: teoriya i praktika. – М.: BINOM. Laboratoriya znaniy, 2007. – 78 s.

7. Kadyseva A.A., Gil'mutdinov R.M., Bezukhova S.V. Biokhimicheskoe okislenie organicheskikh veshchestv v anaerobnykh usloviyakh // Vestnik OmGAU. – 2014. – № 1 (13). – S. 42-45.



УДК 631.425.2

**С.В. Макарычев, А.Г. Болотов**  
S.V. Makarychev, A.G. Bolotov

## К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ЖИМОЛОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ И ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

### ON THE SIMULATION OF HONEYSUCKLE PRODUCTIVITY DEPENDING ON THE SOIL AND CLIMATIC FACTORS AND SOIL HYDRO-PHYSICAL PROPERTIES

**Ключевые слова:** жимолость, продуктивность, факторы среды, температура, влагозапасы, мелиоративное воздействие, моделирование.

**Keywords:** honeysuckle, productivity, environmental factors, temperature, moisture storage, ameliorative effect, simulation.

В Алтайском крае широкое распространение получила такая ягодная культура, как жимолость, которая обладает регулярным плодоношением и зимостойкостью. Тем не менее для увеличения ее продуктивности необходимы усовершенствование технологии возделывания, исследование условий произрастания, систематическое наблюдение за гидротермическим режимом и балансом тепла и влаги в почве с целью их регулирования. При этом принимать решение о возможном применении оросительных мелиораций можно только после анализа одновременного воздействия на жимолость температурных и водных условий в почве, так как продуктивность растений определяется лимитирующим фактором среды. Для установления зависимости продуктивности жимолости от факторов внешней среды нами использована модель В.В. Шабанова. Исследования показали, что лимитирующим фактором продуктивности жимолости явились запасы доступной влаги, в то время как температуры почвы оказались оптимальными. Поэтому для реализации наиболее полного потенциала продуктивности данной культуры необходимо увеличение влагозапасов путем орошения в 2,8 раза. При этом размах их отклонений от оптимума не должен превышать 20%. В таком случае продуктивность жимолости может достигать 75% максимально возможной.

Among the berry crops in the Altai Region, honeysuckle has become widespread owing to its regular fruiting and winter hardiness. However, to increase its productivity such measures as the improvement of the cultivation technology, studying growth conditions, systematic monitoring the soil hydrothermal regime and the balance of heat and moisture in the soil for the purpose their regulation are required. The decision on possible ameliorative irrigation should be made only after analyzing the simultaneous effects of temperature and water conditions that are formed in the soil on honeysuckle as the crop productivity is determined by the limiting factors of the environment. The model of V.V. Shabanov was used to reveal the dependence of honeysuckle productivity on the environmental factors. The studies have shown that the limiting factor of honeysuckle productivity was available moisture storage while the soil temperature proved to be optimal. Therefore, to achieve the crop fullest potential productivity, the moisture storage should be increased 2.8 times through irrigation. The range of moisture storage deviation from the optimum value should not exceed 20%. In this case, honeysuckle productivity may reach 75% of the maximum possible.

**Макарычев Сергей Владимирович**, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Болотов Андрей Геннадьевич**, к.с.-х.н., доцент, каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

**Makarychev Sergey Vladimirovich**, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Bolotov Andrey Gennadyevich**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: agbolotov@gmail.com.

### Введение

Ягодные культуры в условиях Сибири требовательны к условиям произрастания, таким как агрофизические свойства и гидротермические режимы, формирующиеся в почве. Известно, что жимолость обладает высокой потенциальной продуктивностью, однако из-за слабого использования природно-климатических факторов ее урожайность остается весьма низкой. Закономерности формирования режима влажности почвы в значительной мере определяются ее гидрофизическими свойствами, которые в свою очередь зависят от гранулометрического состава, плотности, температуры, содержания органического вещества. Это дает большие практические возможности для моделирования и прогнозирования гидромелиоративных эффектов и обоснования наиболее рациональных мелиоративных технологий. При изучении водно-физических свойств и режимов почв немаловажное значение имеет применение имитационных моделей, позволяющих воссоздавать и прогнозировать протекание различных процессов в почве. Особенно активно развивается моделирование влагопереноса в почвенном профиле [1-3].

В Алтайском крае широкое распространение получила жимолость, которая относится к роду *Lonicera L.* Данная культура скороплодна, обладает регулярным плодоношением и высокой зимостойкостью. Для увеличения продуктивности ягодных культур особую актуальность приобретают усовершенствование технологии их возделывания, всестороннее исследование условий роста, систематические наблюдения за гидротермическим режимом и балансом тепла и влаги в почве [4].

Принимать решение о необходимости орошения сельскохозяйственных культур можно только после анализа одновременного воздействия температурных и водных условий почвы [5], так как продуктивность растений определяется лимитирующим фактором среды.

Рассматривая совместное действие различных факторов, следует учитывать, что они могут усиливать или смягчать действия других природных факторов. Но они никогда не могут быть взаимозаменяемы, и мы никогда не сможем полностью компенсировать недостаток света увеличением содержания влаги в почве, недостаток тепла – внесением азотных удобрений и т.д. Физические факторы не могут быть взаимозаменяемы – это один из законов экологии [6].

### Методика исследований

**Объектами** исследования явились чернозем выщелоченный и жимолость сорта Берель на производственных участках НИИС им. М.А. Лисавенко. **Цель** – моделирование

продуктивности жимолости в зависимости от условий среды. **Задача** – измерение температуры **полевым электротермометром** и влажности почвы **весовым методом**.

Для установления зависимости продуктивности растения от факторов внешней среды нами использована **модель В.В. Шабанова** [7]:

$$S = \left( \frac{\varphi}{\varphi_{opt}} \right)^{\gamma \varphi_{opt}} \left( \frac{\varphi_{max} - \varphi}{\varphi_{max} - \varphi_{opt}} \right)^{\gamma (\varphi_{max} - \varphi_{opt})}$$

где  $S$  – относительная продуктивность;

$\varphi$  – текущее значение фактора;

$\varphi_{max}$  – максимальное значение фактора;

$\varphi_{opt}$  – оптимальное значение фактора;

$\gamma$  – коэффициент саморегулирования растения.

Расчет проведен для всего периода вегетации облепихи и жимолости при использовании следующих входных данных: среднегодовые значения температуры почвы ( $t$ ) на глубине 20 см, °С; среднеквадратические отклонения значений температуры почвы ( $\sigma_t$ ), °С; среднегодовые значения продуктивных влагозапасов ( $W$ ) в слое почвы 0-100 см, мм; среднеквадратические отклонения значений продуктивных влагозапасов ( $\sigma_W$ ), мм; водно-физические свойства почвы.

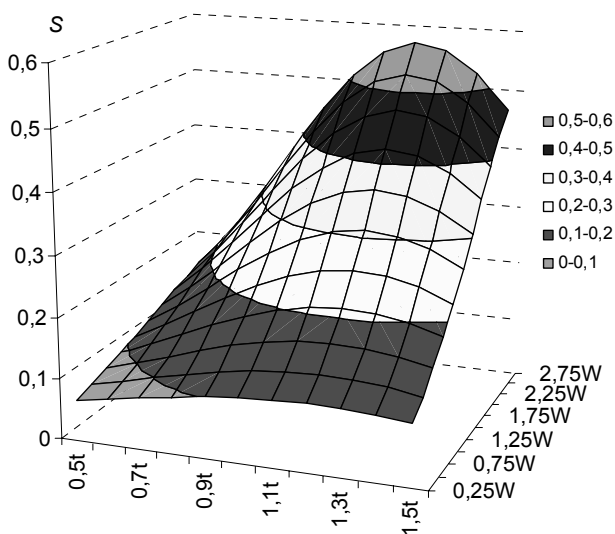
Значения  $t$ ,  $\sigma_t$ ,  $W$ ,  $\sigma_W$  для вегетационного периода рассчитаны на основе подекадных инструментальных значений влажности и температуры почвы в условиях ягодного сада в условиях Алтайского Приобья за 2012-2014 гг.

Также в расчете использованы исходные данные, являющиеся лимитирующими и определяющими границы условий роста и развития ягодных культур:  $W_{min}$  – минимально допустимое для растения значение продуктивных запасов влаги в слое почвы 0-100 см (мм), равное 0;  $W_{max}$  – максимально допустимое для растения значение продуктивных влагозапасов в слое почвы 0-100 см (мм);  $t_{min}$  – минимально допустимое для растения значение температур почвы на глубине 20 см (°С);  $t_{max}$  – максимально допустимое для растения значение продуктивных температур почвы на глубине 20 см (°С);  $W_{opt}$  – оптимальное для растения значение продуктивных влагозапасов в слое почвы 0-100 см (мм);  $\gamma_W$  – коэффициент саморегулирования растения по водному фактору;  $t_{opt}$  – оптимальное для растения значение температур почвы на глубине 20 см (°С);  $\gamma_t$  – коэффициент саморегулирования растения по температурному фактору.

**Результаты исследований**

Проанализируем зависимость средней продуктивности жимолости при изменении температуры и влажности чернозема выщелоченного в естественных условиях (рис. 1-3). Результаты представлены в трехмерном виде, а также в изометрических плоскостях продуктивных влагозапасов и температуры.

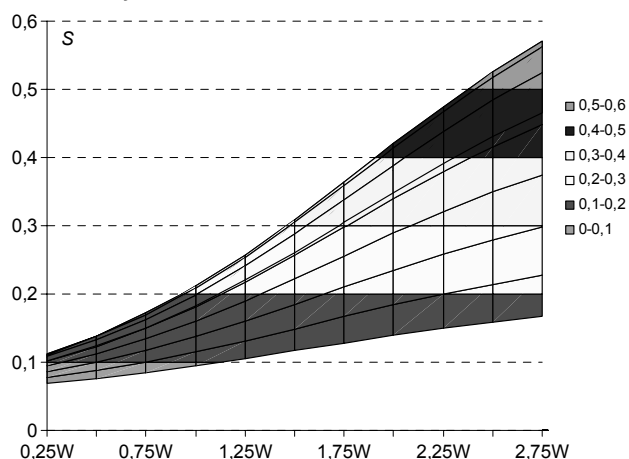
Для этого провели дополнительный вычислительный эксперимент с уменьшением среднеквадратичного отклонения колебания влажности почвы ( $\sigma_W$ ) относительно  $W_{opt}$  до величины  $\pm 20\%$ , что соответствует крайним значениям влагозапасов диапазона легкодоступной влаги относительно  $W_{opt}$ . При регулировании водного режима данный подход позволит повысить урожайность культуры, т.к. растение будет подвержено водному стрессу в меньшей мере, чем при значительных (естественных) величинах  $\sigma_W$ , что позволит выработать практические рекомендации регулирования гидротермического режима под ягодными насаждениями в данной почвенно-климатической зоне. Рассмотрим изменение относительной продуктивности жимолости в условиях Алтайского Приобья при  $\sigma_W = \sigma_t = \pm 20\%$  от  $W_{opt}$  и  $t_{opt}$ .



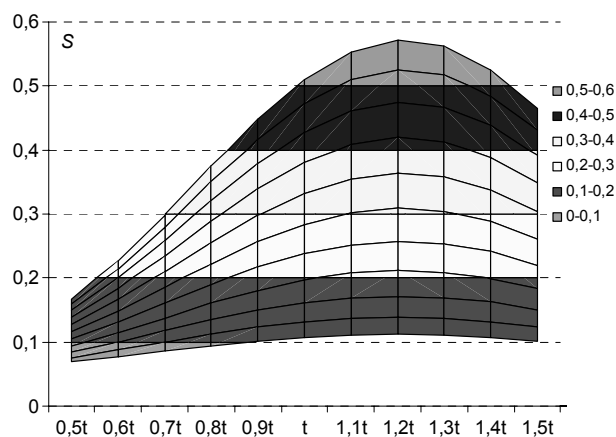
**Рис. 1. Зависимость средней продуктивности жимолости при изменении температуры и влажности почвы в естественных условиях**

Для жимолости изометрическая плоскость продуктивных влагозапасов представляет собой несимметричную плоскость с отсутствующим максимумом (рис. 2), что говорит о не полностью раскрытом потенциале увеличения влагозапасов в рассматриваемом диапазоне их изменения.

В естественных климатических условиях Алтайского Приобья относительная продуктивность жимолости составляет 10-20% от максимально возможной.



**Рис. 2. Зависимость средней продуктивности жимолости при изменении температуры и влажности почвы в естественных условиях. Плоскость продуктивных влагозапасов (изометрия)**



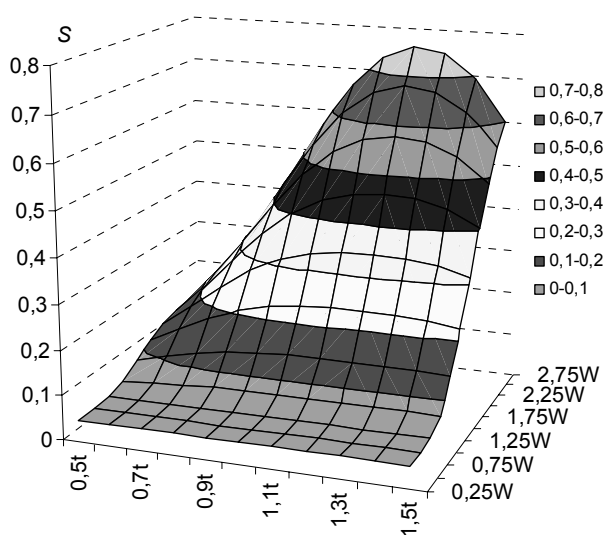
**Рис. 3. Зависимость средней продуктивности жимолости при изменении температуры и влажности почвы в естественных условиях. Плоскость температуры (изометрия)**

При мелиоративном воздействии и увеличении продуктивных запасов влаги в метровом слое почвы в 2,8 раза, температуры в 1,2 раза продуктивность жимолости может увеличиться до 55% от максимальной (рис. 4-6).

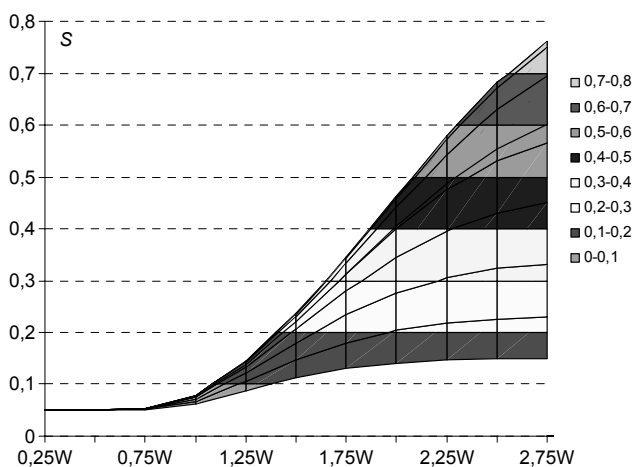
Кроме того, уменьшение диапазона колебаний при одновременном увеличении абсолютных значений гидротермических факторов до величин не более  $\pm 20\%$  от  $W_{opt}$  позволит значительно повысить продуктивность жимолости.

Так при значениях продуктивных влагозапасов больших в 2,8 раза, чем исходных (существующих) и среднеквадратических отклонений  $\sigma_W = 0,2W_{opt}$ ,  $\sigma_t = 0,2t_{opt}$ , относитель-

ная продуктивность жимолости может достигать 75% максимально возможной.



**Рис. 4. Зависимость средней продуктивности жимолости при изменении температуры и влажности почвы при мелиоративном воздействии,  $\sigma_W = 0,2W_{opt}$ ,  $\sigma_t = 0,2t_{opt}$**



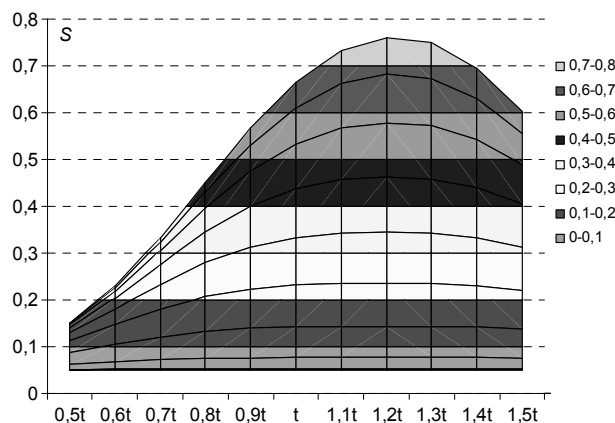
**Рис. 5. Зависимость средней продуктивности жимолости при изменении температуры и влажности почвы при мелиоративном воздействии,  $\sigma_W = 0,2W_{opt}$ ,  $\sigma_t = 0,2t_{opt}$ . Плоскость продуктивных запасов (изометрия)**

**Заключение**

За годы исследований значения давления почвенной влаги под жимолостью, особенно в острозасушливые годы, были ниже критического уровня, поэтому лимитирующим фактором ее продуктивности явились запасы

доступной влаги, в то время как температуры почвы оказались оптимальными. Для реализации наиболее полного потенциала продуктивности жимолости необходимо увеличение влагозапасов путем оросительных мелиораций в 2,8 раза, при этом размах их отклонений от оптимума не должен превышать 20%.

Таким образом, рассмотренные варианты возможного увеличения продуктивности ягодных культур в условиях Алтайского Приобья определяют необходимость разработки приемов и методов управления факторами внешней среды.



**Рис. 6. Зависимость средней продуктивности жимолости при изменении температуры и влажности почвы при мелиоративном воздействии,  $\sigma_W = 0,2W_{opt}$ ,  $\sigma_t = 0,2t_{opt}$ . Плоскость температуры (изометрия)**

**Библиографический список**

1. Пачепский Я.А. Математические модели процессов переноса в мелиорируемых почвах. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 319 с.
2. Губер А.К., Шеин Е.В. Адаптация и идентификация математических моделей переноса влаги в почвах // Почвоведение. – 1997. – № 9. – С. 1107-1119.
3. Болотов А.Г., Дубский С.Н., Шатапов А.Н. и др. Моделирование основной гидрофизической характеристики черноземов Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2 (124). – С. 31-35.
4. Васильченко Г.В. Снежный покров и сад. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 120 с.
5. Макарычев С.В. Теплофизические основы мелиорации почв. – Барнаул: Азбука, 2005. – 279 с.

6. Шейн Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 400 с.

7. Шабанов В.В., Орлов И.С. Оценка природно-хозяйственного риска в условиях изменения климата. – М.: TEMPUS-SWARP-ICT 21051, 2003. – 218 с.

#### References

1. Pachepskii Ya.A. Matematicheskie modeli protsessov perenosa v melioriruemyykh pochvakh. – М.: Izd-vo MGU, 1992. – 319 s.

2. Guber A.K., Shein E.V. Adaptatsiya i identifikatsiya matematicheskikh modelei perenosa vlagi v pochvakh // Pochvovedenie, 1997. – № 9. – S. 1107-1119.

3. Bolotov A.G., Dubskii S.N., Shatalov A.N. i dr. Modelirovanie osnovnoi gidrofizicheskoi

kharakteristiki chernozemov Altaiskogo kraya // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 2 (124). – S. 31-35.

4. Vasil'chenko G.V. Snezhnyi pokrov i sad. – L.: Gidrometeoizdat, 1978. – 120 s.

5. Makarychev S.V. Teplofizicheskie osnovy melioratsii pochv. – Barnaul: AzBuka, 2005. – 279 s.

6. Shein E.V., Goncharov V.M. Agrofizika. – Rostov-na-Donu: Feniks, 2006. – 400 s.

7. Shabanov V.V., Orlov I.S. Otsenka prirodno-khozyaistvennogo riska v usloviyakh izmeneniya klimata. – М.: TEMPUS-SWARP-ICT-21051, 2003. – 218 с.

