

Библиографический список

1. О Концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию. Указ Президента РФ // Собрание законодательства Российской Федерации. – № 15. – 08.04.96.
2. Одум Ю. Основы экологии / пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
3. Степановских А.С. Прикладная экология: учебник. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 751 с.
4. Каштанов А.Н., Лисецкий Ф.Н., Швец Г.И. Основы ландшафтно-экологического земледелия. – М.: Колос, 1994. – 327 с.
5. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.
6. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий / В.И. Кирюшин, А.Л. Иванов. – М.: Росинфо-агротех, 2005. – 784 с.
7. Васенёв И.И., Щербачев А.П., Васенёва Э.Г., Дёгт М.Ю. Базовый агроэкологический мониторинг: метод. пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия. – Курск, 2001. – С. 143-152.
8. Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л., Пахомя О.Г. Факторы плодородия каштановых почв сухой степи юга Западной Сибири и урожайность яровой пшеницы: монография / под ред. Л.М. Татаринцева. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2005. – 123 с.
9. Татаринцев Л.М., Татаринцев В.Л., Васова Т.В. Экологические аспекты сельскохозяйственного землепользования в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 1 (63). – С. 49-52.

References

1. Kontseptsii perekhoda Rossiiskoi Federatsii k ustoichivomu razvitiyu. Ukaz Prezidenta RF. Sbranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii № 15, 08.04.96.
2. Odum Yu. Osnovy ekologii / per. s angl. – М.: Mir, 1975. – 740 s.
3. Stepanovskikh A.S. Prikladnaya ekologiya: uchebnik. – М.: YuNITI-DANA, 2003. – 751 s.
4. Kashtanov A.N., Lisetskii F.N., Shvebs G.I. Osnovy landshaftno-ekologicheskogo zemledeliya. – М.: Kolos, 1994. – 327 s.
5. Kiryushin V.I. Ekologicheskie osnovy zemledeliya. – М.: Kolos, 1996. – 367 s.
6. Agroekologicheskaya otsenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologii / V.I. Kiryushin, A.L. Ivanov. – М.: Rosinforagrotekh, 2005. – 784 s.
7. Vasenev I.I., Shcherbakov A.P., Vaseneva E.G., Degteva M.Yu. Bazovyi agroekologicheskii monitoring // Metod. posobie i normativnye materialy dlya razrabotki adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya. – Kursk, 2001. – S. 143-152.
8. Tatarintsev L.M., Tatarintsev V.L., Pakhomya O.G. Faktory plodorodiya kashtanovykh pochv sukhoi stepi yuga Zapadnoi Sibiri i urozhainost' yarovoi pshenitsy: monografiya // pod red. L.M. Tatarintseva. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2005. – 123 s.
9. Tatarintsev L.M., Tatarintsev V.L., Vasova T.V. Ekologicheskie aspekty sel'skokhozyaistvennogo zemlepol'zovaniya v Altaiskom krae // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – № 1 (63). – S. 49-52.



УДК 631.425.2

С.В. Макарычев
S.V. Makarychev

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ОБЛЕПИХИ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ СРЕДЫ**

**SIMULATION OF SEA-BUCKTHORN PRODUCTIVITY DEPENDING
ON THE ENVIRONMENTAL CONDITIONS**

Ключевые слова: облепиха, продуктивность, факторы среды, температура, влажность, влагозапасы, мелиоративное воздействие.

Продуктивность ягодных культур определяется лимитирующими факторами среды, поэтому принимать решение о необходимости оросительных мелиораций можно только после анализа результатов одновременного воздействия температурных и водных условий, формирующихся в почвенном профиле. Для установления зависимости продуктивности облепихи от почвенно-физических факторов нами использована модель В.В. Шабанова.

Расчет проведен для периода вегетации при использовании среднемноголетних значений температуры почвы на глубине 20 см, среднеквадратичных отклонений значений температуры, значений продуктивных запасов влаги, водно-физических свойств чернозема. В результате установлено, что значения давления почвенной влаги под облепихой за годы исследований были ниже критического уровня, поэтому полная реализация потенциала ее продуктивности возможна только при наличии полива. При этом лимитирующим фактором явились запасы доступной влаги, в то время как среднегодовые температуры оказались оптимальными. Кроме то-

го, при мелиоративном воздействии на посадки облепихи путем уменьшения колебаний содержания почвенной влаги и увеличения доступных влагозапасов возможен рост продуктивности этой культуры до величины 80% от максимума.

Keywords: sea-buckthorn, productivity, environmental factors, temperature, moisture, moisture storage, ameliorative effect.

Productivity of berry crops is determined by the limiting factors of the environment, so the decision on the need for ameliorative irrigation should be made only after analyzing the results of the simultaneous effects of temperature and water conditions that are formed in the soil profile. The model of V.V. Shabanov was used to reveal the dependence of sea-buckthorn productivity on the soil physical fac-

tors. The calculation was performed for the growing season with the use of the long-term average annual values of soil temperature at a depth of 20 cm, mean-square deviations of temperature values, the values of available moisture storage and hydro-physical properties of the chernozem. It was found that the values of soil moisture pressure under sea-buckthorn over the years of the studies were below the critical level; therefore it was possible to achieve its potential with irrigation only. In this case the limiting factor was the available moisture storage while the average annual temperatures were optimal. The ameliorative effect on sea-buckthorn plantations through reduced fluctuations of soil moisture and increased available moisture storage may increase the productivity of this crop up to 80% of the maximum.

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.

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.

Введение

Поскольку продуктивность ягодных культур определяется лимитирующими факторами среды, то принимать решение о необходимости оросительных мелиораций можно только после анализа одновременного воздействия температурных и водных условий, формирующихся в почвенном профиле [1-3].

Рассматривая совместное действие различных почвенно-физических факторов, следует учитывать, что они могут усиливать или смягчать влияние других природно-климатических условий, но не могут быть взаимозаменяемы, поэтому не сможем полностью компенсировать недостаток света увеличением содержания влаги в почве, недостаток тепла – внесением азотных удобрений и т.д. Это один из законов экологии [4].

Методика исследований

Объектами исследований явились чернозем выщелоченный среднесуглинистый малогумусный и облепиха сорта Елизавета на производственных участках НИИСС им. М.А. Лисавенко. **Цель** – моделирование продуктивности облепихи 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** [5]:

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

где S – относительная продуктивность;

φ – текущее значение фактора;

φ_{max} – максимальное значение фактора;
 φ_{opt} – оптимальное значение фактора;
 γ – коэффициент саморегулирования растения.

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

Значения t , σ_t , W , σ_w для вегетационного периода рассчитаны на основе подекадных инструментальных значений влажности и температуры почвы в ягодном саду 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 (°C); t_{max} – максимально допустимое для растения значение продуктивных температур почвы на глубине 20 см (°C); W_{opt} – оптимальное для растения значение продуктивных влагозапасов в слое почвы 0-100 см (мм); γ_w – коэффициент саморегулирования расте-

ния по водному фактору; t_{opt} – оптимальное для растения значение температур почвы на глубине 20 см ($^{\circ}\text{C}$); γ_t – коэффициент саморегулирования растения по температурному фактору.

Результаты исследований

Проанализируем зависимость средней продуктивности облепихи и жимолости при изменении температуры и влажности чернозема выщелоченного (рис. 1-4). Результаты представлены в трехмерном виде, а также в изометрических плоскостях продуктивных влагозапасов и температуры.

Из рисунков 1, 2 видно, что средняя за 3 года продуктивность облепихи в естественных условиях Алтайского Приобья составляет около 45% от максимально возможной. В данном случае лимитирующим фактором продуктивности облепихи являются продуктивные влагозапасы, а среднемноголетние температуры почвы оптимальны. При увеличении продуктивных запасов в черноземе на 50% продуктивность облепихи увеличится до 50-60% от максимальной, что не совсем достаточно для полного использования облепиховых культур в условиях Алтайского Приобья.

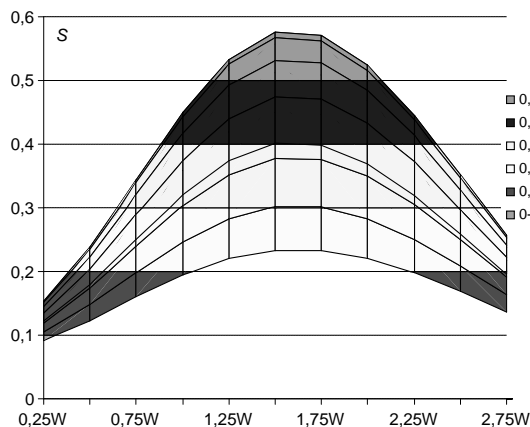


Рис. 1. Зависимость средней продуктивности облепихи при изменении температуры и влажности почвы в естественных условиях. Плоскость продуктивных влагозапасов (изометрия)

Поэтому нами были проведены дополнительное вычислительное моделирование продуктивности облепихи при уменьшении среднеквадратических отклонений продуктивных влагозапасов и температур почвы, что является одной из задач орошения – поддержания постоянного влагосодержания в почве.

Для этого провели дополнительный вычислительный эксперимент с уменьшением среднеквадратичного отклонения колебания влажности почвы (σ_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 σ_w , что позволит выработать практические рекомендации регулирования гидротермического режима под ягодными насаждениями в данной почвенно-климатической зоне. Рассмотрим изменение относительной продуктивности облепихи в условиях Алтайского Приобья при $\sigma_w = \sigma_t = \pm 20\%$ от W_{opt} и t_{opt} (рис. 3-4).

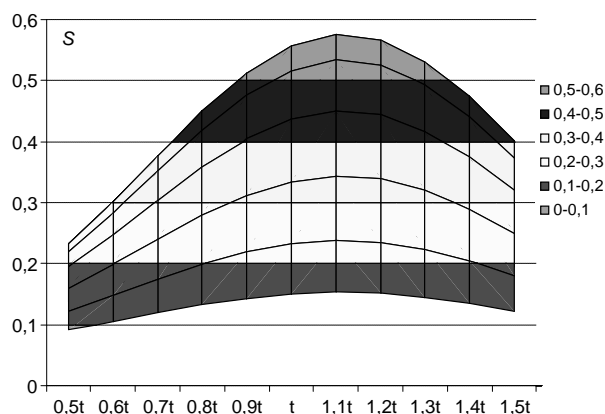


Рис. 2. Зависимость средней продуктивности облепихи при изменении температуры и влажности почвы в естественных условиях. Плоскость температуры (изометрия)

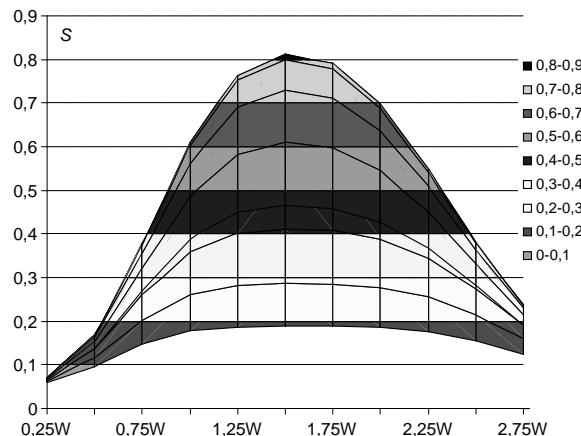


Рис. 3. Зависимость средней продуктивности облепихи при изменении температуры и влажности почвы при мелиоративном воздействии, $\sigma_w = 0,2W_{opt}$, $\sigma_t = 0,2t_{opt}$. Плоскость продуктивных влагозапасов (изометрия)

Из рисунков 3, 4 видно, что при мелиоративном воздействии на посадки облепихи путем уменьшения колебаний температуры почвы и содержания почвенной влаги ($\sigma_w = 0,2W_{opt}$, $\sigma_t = 0,2t_{opt}$) возможно увели-

чение относительной продуктивности данной культуры до величины 0,8. При этом абсолютные значения продуктивных влагозапасов должны быть увеличены на 50%, а значения почвенных температур – на 10%.

Таким образом, выращивание облепихи в условиях Алтайского Приобья возможно без привлечения дополнительной оросительной воды. Для этого нужно предусмотреть равномерное распределение атмосферной влаги в течение вегетационного периода с отклонением величин продуктивных влагозапасов от оптимального W_{opt} не более $\pm 20\%$. При этом продуктивность облепихи будет составлять 60% от максимально возможной. Мероприятия по накоплению и распределению влаги в условиях сада были разработаны и подробно изучены академиком С.Н. Хабаровым [6-7].

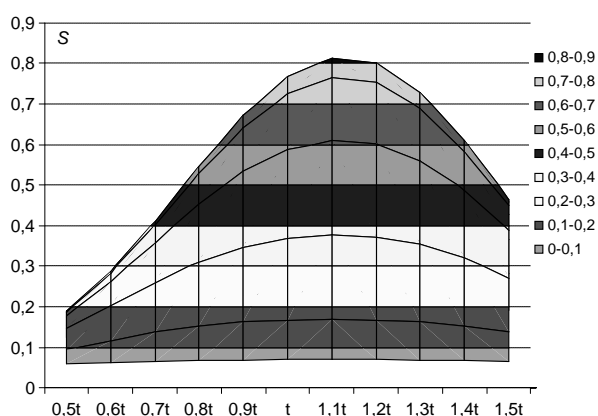


Рис. 4. Зависимость средней продуктивности облепихи при изменении температуры и влажности почвы при мелиоративном воздействии, $\sigma_w = 0,2W_{opt}$, $\sigma_t = 0,2t_{opt}$. Плоскость температуры (изометрия)

Выводы

1. За годы исследований значения давления почвенной влаги под облепихой были ниже критического уровня, поэтому полная реализация потенциала ее продуктивности возможна только при наличии полива.

2. Лимитирующим фактором продуктивности облепихи явились запасы доступной влаги, в то время как среднегодовые температуры оказались оптимальными.

3. При мелиоративном воздействии на посадки облепихи путем уменьшения колебаний содержания почвенной влаги, не превышающих 20% от оптимума, и увеличения доступных влагозапасов на 50% возможен рост от-

носительной продуктивности облепихи до величины 0,8.

4. Рассмотренные варианты возможного увеличения продуктивности ягодных культур в условиях Алтайского Приобья открывают возможности для разработки приемов и методов управления факторами среды.

Библиографический список

1. Макарычев С.В. Теплофизические основы мелиорации почв: учеб. пособие. – Барнаул, 2005. – 279 с.
2. Болотов А.Г., Дубский С.Н., Шатапов А.Н. и др. Моделирование основной гидрофизической характеристики черноземов Алтайского края // Вестник Алтайского ГАУ. – 2015. – № 2 (124). – С. 31-35.
3. Шеин Е.В. Курс физики почв: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
4. Шабанов В.В., Орлов И.С. Оценка природно-хозяйственного риска в условиях изменения климата. – М.: TEMPUS-SWARP-ICT-21051, 2003. – 218 с.
5. Шеин Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика: учеб. пособие. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 400 с.
6. Хабаров С.Н. Почвозащитные мероприятия в садах Западной Сибири. – М.: Росагропромиздат, 1991. – 190 с.
7. Хабаров С.Н. Агрэкоэкоэстемы садов юга Западной Сибири. – Новосибирск: Наука, 1999. – 308 с.

References

1. Makarychev S.V. Teplofizicheskie osnovy melioratsii pochv: uchebnoe posobie. – Barnaul, 2005. – 279 s.
2. Bolotov A.G., Dubskii S.N., Shatalov A.N. i dr. Modelirovanie osnovnoi gidrofizicheskoi kharakteristiki chernozemov Altaiskogo kraia // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – № 2 (124). – S. 31-35.
3. Shein E.V. Kurs fiziki pochv: uchebnoe posobie. – M.: Izd-vo MGU, 2005. – 432 s.
4. Shabanov V.V., Orlov I.S. Otsenka prirodno-khozyaistvennogo riska v usloviyakh izmeneniya klimata. – M.: TEMPUS-SWARP-ICT-21051, 2003. – 218 s.
5. Shein E.V., Goncharov V.M. Agrofizika: uchebnoe posobie. – Rostov-na-Donu: Feniks, 2006. – 400 s.
6. Khabarov S.N. Pochvozashchitnye meropriyatiya v sadakh Zapadnoi Sibiri. – M.: Rosagropromizdat, 1991. – 190 s.
7. Khabarov S.N. Agroekosistemy sadov yuga Zapadnoi Sibiri. – Novosibirsk: Nauka, 1999. – 308 s.

