

ISSN 2070–4828

МЕЛИОРАЦИЯ

Научный журнал

№ 2(96)

Основан в 1951 году
Выходит 4 раза в год

Апрель – июнь, 2021



Минск
2021

СВИДЕТЕЛЬСТВО № 411

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

Республиканское научное дочернее унитарное предприятие «Институт мелиорации»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

чл.-корр. НАН Беларуси, д-р техн. наук, проф. А. П. Лихацевич

РЕДКОЛЛЕГИЯ:

д-р с.-х. наук, проф. **А. С. Мееровский** (зам. гл. редактора)

акад. РАН, д-р с.-х. наук, проф. **Н. Н. Дубенок**

д-р с.-х. наук, проф. **Ю. А. Мажайский**

д-р техн. наук, проф. **Э. И. Михневич**

д-р с.-х. наук, проф. **Н. Н. Цыбулько**

д-р с.-х. наук, проф. **В. И. Желязко**

д-р с.-х. наук **П. Ф. Тиво**

канд. техн. наук, доцент **А. С. Анженков**

канд. с.-х. наук **А. Л. Бирюкович**

канд. техн. наук, доцент **Н. К. Вахонин**

канд. техн. наук **Э. Н. Шкутов**

Журнал рецензируется.

Журнал включен в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований.

Журнал включен в Перечень научных изданий ВАК Российской Федерации для опубликования результатов диссертационных исследований (распоряжение Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 февраля 2019 г. № 21-р) по следующим группам научных специальностей:

06.01.02 – мелиорация, рекультивация и охрана земель;

06.01.06 – луговое хозяйство и лекарственные эфирно-масличные культуры

Журнал включен в базу данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

Статьи и отдельные выдержки из журнала могут цитироваться при условии указания первоисточника.

Редакция не несет ответственности за возможные неточности по вине авторов.

Мнение редакции может не совпадать с мнением автора. Рукописи не возвращаются.

Фотоматериалы взяты из архива РУП «Институт мелиорации» и предоставлены авторами статей.

Журнал «МЕЛИОРАЦИЯ»

Подписной индекс: **74856** — для индивидуальных подписчиков

748562 — для предприятий и организаций

Подписку можно оформить во всех отделениях связи.

Редактор, корректор **Т. В. Мейкшане**

Компьютерная верстка **И. В. Скуратович**

Подписано к печати 23.06.2021 г. Формат 60x84 1/8.
Уч.-изд. л. 8,72. Усл. печ. л. 9,77. Заказ 232. Тираж 100 экз.

Адрес редакции: 220040, г. Минск, ул. Некрасова, 39-2
тел. (017) 331-49-03

E-mail: info@niimel.by, redaktor@niimel.by

Отпечатано РУП «Информационно-вычислительный центр Министерства финансов».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя
печатных изданий № 2/41 от 29.01.2014.

Содержание Contents

Мелиорация

Land improvement



А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина

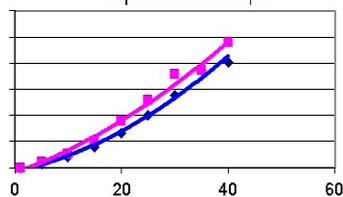
Технико-экономически обоснованный режим орошения сельскохозяйственных культур

A. P. Likhatchevich, G. V. Latushkina

Technically and economically justified regime for irrigation of agricultural crops

5

Загрязнение свинцом



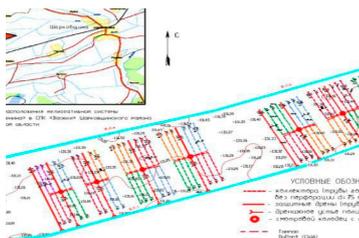
В. И. Желязко, В. М. Лукашевич

Эколого-экономическая эффективность использования животноводческих стоков для орошения многолетних трав

V. I. Zhelyazko, V. M. Lukashevich

Ecological and economic efficiency of the use of livestock streams for irrigation of permanent grasses

13



А. И. Митрахович, В. М. Макоед, И. Ч. Казмирук

Формирование стока на суглинистых почвогрунтах

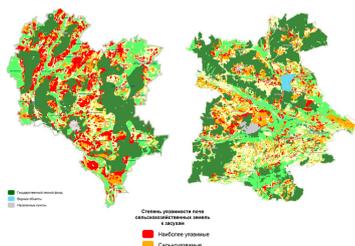
A. I. Mitrakhovich, V. M. Makaed, I. Ch. Kazmiruk

Formation of runoff on loamy soils

23

Использование мелиорированных земель

The usage of reclaimed lands



А. С. Мееровский, В. И. Мельник, В. М. Яцухно

Уязвимость почв сельскохозяйственных земель к засухам в условиях потепления климата Белорусского Полесья

A. S. Meerovsky, V. I. Melnik, V. M. Yatsukhno

Soil vulnerability to droughts in the conditions of the earthwarm of the Belarusian Polesie

29



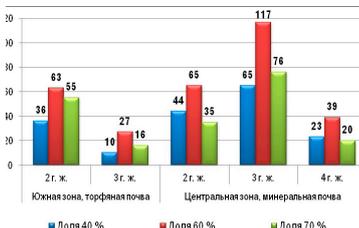
Г. В. Латушкина, В. И. Желязко, В. М. Лукашевич

Эффективность орошения кормовых и овощных культур в условиях Беларуси

G. V. Latushkina, V. I. Zhelyazko, V. M. Lukashevich

Irrigation efficiency of forage and vegetable crops in the conditions of Belarus

37



А. Л. Бирюкович

Сроки уборки чины многолетней на семена

A. L. Biryukovich

Terms of harvesting the Lathyrus Sylvestris I. for seeds

42



Л. В. Володькина

Совершенствование технологии возделывания клевера лугового в условиях Центральной Беларуси

L. V. Volodkina

The improvement of cultivation technology of red clover in the conditions of Central Belarus

49



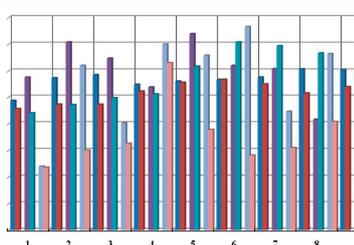
Б. В. Шелюто, Е. В. Костицкая

Фотосинтетическая деятельность растений сельфии пронзеннолистной

B. V. Sheliuta, E. V. Kastitskaya

Photosynthetic activity of plants of *Silphium Perfoliatum* L.

55



О. С. Михайлова

Фотосинтетическая деятельность клевера гибридного при применении микроудобрений и биостимуляторов роста

O. S. Mikhailava

Photosynthetic activity of hybrid clover in the application of microfertilizers and biostimulants of growth

62

Экология



Ecology



Ю. В. Чернявский

Перспективы защитного лесоразведения в контексте агролесомелиоративной науки и практики

Y. V. Chernyavsky

Prospects for protective forest in the context of agricultural forest recovery science and practice

69

Наши юбиляры



Our Jubilees

Валентина Степановна Жилина (к 90-летию)

75

Анатолий Семенович Мееровский (к 85-летию)

76

Петр Константинович Черник (к 85-летию)

78

Надежда Владимировна Кабанова (к 70-летию)

80

Чтобы помнили



To be remembered

Виктор Николаевич Кондратьев (26.04.1937 – 07.06.2021)

81

• МЕЛИОРАЦИЯ •

УДК 631.67

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИ ОБОСНОВАННЫЙ РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

А. П. Лихацевич, доктор технических наук

Г. В. Латушкина, кандидат технических наук

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

Для установления оптимального баланса в «доходах-расходах» при орошении сельскохозяйственных культур разработан алгоритм определения технико-экономически обоснованной поливной нормы, обеспечивающей получение максимальной прибыли с учетом затрат на поливы и стоимости прибавок урожаев от орошения. Техничко-экономически обоснованный режим орошения позволяет планировать поливы и проводить их нормой, дающей максимальный экономический эффект.

Ключевые слова: режим орошения, поливная норма, норма орошения, затраты на поливы, прибыль.

Abstract

A. P. Likhatchevich, G. V. Latushkina

TECHNICALLY AND ECONOMICALLY JUSTIFIED REGIME FOR IRRIGATION OF AGRICULTURAL CROPS

To establish the optimal balance in «income-costs» during irrigation of agricultural crops, an algorithm has been developed for determining a techno-economically substantiated irrigation rate that ensures maximum profit, taking into account the cost of irrigation and the cost of crop increases from irrigation. A techno-economically sound irrigation regime allows planning and conducting irrigation at a rate that gives the maximum economic effect.

Keywords: irrigation regime, irrigation norm, irrigation rate, irrigation costs, profit.

Введение

Основным элементом режима орошения является поливная норма. От ее величины зависят частота поливов в конкретном году, общее количество воды, поданной для орошения культуры (оросительная норма), что в конечном итоге определяет затраты на орошение. Многочисленные исследования, проведенные в разных природно-климатических зонах, показали, что с повышением увлажненности почвы пропорционально растет урожайность орошаемой культуры, если при этом отсутствует переувлажнение и обеспечен свободный воздухообмен в корнеобитаемой зоне.

Более высокая влагообеспеченность растений при орошении достигается за счет проведения более частых поливов меньшими нормами. При этом растут затраты на орошение. Для установления оптимального баланса в «доходах-расходах» нами разработан алгоритм определения технико-экономически обоснованных поливных норм, обеспечивающих получение максимальной прибыли с учетом затрат на поливы и стоимости прибавок урожаев от орошения, который позволяет планировать поливы нормой, дающей максимальный эффект.

Результаты исследований и их обсуждение

Основным критерием экономической оценки применяемого в конкретном хозяйстве режима орошения является размер чистой

прибыли от данного мелиоративного мероприятия. Прибыль от орошения соответствует разности выручки от реализации прибавки

урожая от орошения и себестоимости ее получения. В зоне неустойчивого естественного увлажнения, к которой относится территория Беларуси, себестоимость продукции растениеводства, получаемой при орошении, от себестоимости той же продукции, получаемой без орошения, отличается только двумя группами затрат: 1) затраты на уборку, доработку, транспортировку, хранение и реализацию прибавки урожая от орошения; 2) затраты на содержание оросительной системы и на проведение поливов.

В качестве основы аналитической модели получения дополнительного чистого дохода с единицы площади, определяемого режимом орошения, используется равенство [1]:

$$D(\Delta Y_i) = C(\Delta Y_i) - [R(\Delta Y_i) + R(O_i)], \quad (1)$$

где $D(\Delta Y_i)$ – дополнительный чистый доход, полученный при i -м режиме орошения сельскохозяйственной культуры в расчете на единицу орошаемой площади, руб./га; $C(\Delta Y_i)$ – выручка от реализации дополнительной продукции растениеводства, полученной при i -м режиме орошения в расчете на единицу орошаемой площади, руб./га; $R(\Delta Y_i)$ – затраты на уборку, доработку, транспортировку, хранение и реализацию прибавки урожая, полученной при i -м режиме орошения в расчете на единицу орошаемой площади, руб./га; $R(O_i)$ – затраты на эксплуатацию оросительной системы при i -м режиме орошения в расчете на единицу орошаемой площади, руб./га.

Выручка от реализации дополнительной продукции растениеводства от орошения прямо пропорциональна величине прибавки урожайности (ΔY_i)

$$C(\Delta Y_i) = c \Delta Y_i, \quad (2)$$

где c – цена реализации продукции растениеводства, руб./т;

ΔY_i – прибавка урожая, полученная при i -м режиме орошения.

Прибавка урожая от орошения (ΔY_i , т/га) определяется как разность

$$\Delta Y_i = Y_{Mi} - Y, \quad (3)$$

где Y_{Mi} – урожайность культуры при i -м режиме орошения, т/га;

Y – урожайность культуры, полученный при естественной влагообеспеченности (при отсутствии орошения), т/га.

Форма связи урожая с величиной любого регулируемого фактора известна. При орошении

и прочих регламентных урожаеобразующих факторах урожайность сельскохозяйственной культуры зависит только от уровня увлажнения корнеобитаемого слоя почвы [2–4]:

$$Y_{Mi} = Y_m \left[1 - \left(\frac{W_{HB} - W_{Mi}}{W_{HB} - W_{B3}} \right)^2 \right], \quad (4)$$

где Y_m – планируемая максимальная урожайность культуры при оптимальном водном режиме почвы, т/га; W_{HB} – оптимальные влагозапасы в корнеобитаемом слое почвы, соответствующие наименьшей влагоемкости, м³/га; W_{Mi} – средние за вегетацию влагозапасы почвы при i -м режиме орошения, м³/га; W_{B3} – влагозапасы завядания, м³/га.

Урожайность при отсутствии орошения по аналогии с (4) равна

$$Y = Y_m \left[1 - \left(\frac{W_{HB} - W}{W_{HB} - W_{B3}} \right)^2 \right], \quad (5)$$

где W – средний за вегетацию уровень влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы при отсутствии орошения, м³/га.

Известно, что

$$W_{Mi} = W_{HB} - a m_i, \quad (6)$$

где a – показатель, зависящий от режима и технологии орошения, полив; m_i – норма полива при i -м режиме орошения, м³/(га · полив).

Согласно (3), с учетом (4)–(6), прибавка урожая от орошения составит

$$\Delta Y_i = \frac{Y_m}{(W_{HB} - W_{B3})^2} \left[(W_{HB} - W)^2 - a^2 m_i^2 \right]. \quad (7)$$

Сельскохозяйственные затраты на уборку, доработку, транспортировку, хранение и реализацию прибавки урожая прямо пропорциональны величине этой прибавки [1]:

$$R(\Delta Y_i) = r \Delta Y_i, \quad (8)$$

где r – затраты на уборку, доработку, транспортировку, хранение и реализацию единицы прибавки урожая, полученной при i -м режиме орошения культуры, руб./т; ΔY_i – прибавка урожайности от i -го режима орошения культуры, т/га.

Затраты на эксплуатацию оросительной системы состоят из постоянных ежегодных платежей на содержание оросительной системы, не зависящих от режима орошения (амортизационные расходы, затраты на содержание и техническое обслуживание оросительной

системы – $R(OC)$), и переменных затрат, зависящих от режима орошения – $R(M_i)$:

$$R(O_i) = R(OC) + R(M_i). \quad (9)$$

Затраты на проведение орошения зависят от конструкции оросительной системы, стоимости поливной воды, суммарных затрат на работу всей оросительной системы. Для единицы орошаемой площади эти затраты составят

$$R(M_i) = \frac{M_i}{\eta} \left(c_w + \beta \frac{C_{\Pi}}{Q} \right), \quad (10)$$

где M_i – i -я оросительная норма (нетто), м³/га; C_w – стоимость воды, забираемой из водоисточника для проведения орошения при платном водопользовании, руб./м³; η – коэффициент полезного действия оросительной системы, учитывающий все потери поливной воды при орошении. При поливе дождеванием потери воды в зависимости от условий проведения полива составляют 0,94–0,85 %; C_{Π} – суммарные затраты средств на 1 час работы всей оросительной системы (электроэнергия, топливно-смазочные материалы, заработная плата обслуживающему персоналу, включая насосную станцию и оросительную технику, затраты на ремонты, техническое обслуживание оросительной системы во время полива, со всеми налогами), руб./ч; Q – расход воды, подаваемый насосной станцией в напорный трубопровод из водоисточника, м³/ч; β – норматив превышения суммарного времени, затраченного на полив, техническое обслуживание поливной техники и ремонты, над временем, затраченным только на подачу оросительной воды насосной станцией.

Результаты расчета водного режима почвы с привлечением метеоданных 42 метеостанций Беларуси за период 1980–2015 г. показали, что в диапазоне поливных норм от минимальных технологических (для заданного поливного устройства) до максимальных (m_{max}) справедлива зависимость

$$M_i = M_{max} - b m_i, \quad (11)$$

где M_{max} – максимальная оросительная норма при поддержании почвенных влагозапасов постоянно в течение оросительного периода на уровне наименьшей влагоемкости, м³/га; b – эмпирический коэффициент пропорциональности в линейной функции, аппроксимирующий график зависимости $M = f(m)$ для

каждого календарного года в пределах от M_{min} до $M_{max} = f(m_{max})$. Здесь

$$M_{max} = \lim M \Big|_{m \rightarrow 0}. \quad (12)$$

Эмпирические коэффициенты b изменяются по почвам, причем с повышением вододерживающей способности почвы величина данного коэффициента уменьшается. Например, для овощных культур, возделываемых на песчаных почвах, $b = 3,2$; на супесчаных почвах $b = 2,5$; на суглинистых почвах $b = 2,3$ [6]. Закономерность (11) справедлива для овощных культур в диапазоне поливных норм, который, согласно (12), охватывает весь спектр норм дождевания и капельного полива:

$$0 < m \leq m_{max},$$

где m – заданная норма полива; m_{max} – максимальная экологически допустимая норма полива, рекомендуемая для данной почвы.

Максимальные экологически обоснованные поливные нормы устанавливались по типам почв согласно действующему нормативу [5]:

- для песчаных почв $m_{max} = 20$ мм,
- для супесчаных почв $m_{max} = 25$ мм,
- для суглинистых почв $m_{max} = 30$ мм.

Раскрывая исходное уравнение (1) с учетом полученных значений (2)–(11), получим

$$D(\Delta Y_i) = \frac{(c-r)Y_m}{(W_{HB} - W_{B3})} \left[(W_{HB} - W)^2 - a^2 m_i^2 \right] - \left[R(OC) + \frac{M_{max} - b m_i}{\eta} \left(c_w + \beta \frac{C_{\Pi}}{Q} \right) \right]. \quad (13)$$

Стандартная целевая функция получения максимального чистого дохода имеет вид

$$D(\Delta Y_i) \rightarrow \max \text{ или } \max D(\Delta Y_i) = \max \{ C(\Delta Y_i) - [R(\Delta Y_i) + R(O_i)] \}. \quad (14)$$

Уравнения (1)–(11) представляют собой непрерывные функции. Максимум непрерывной функции (13) на замкнутом ограниченном множестве будет иметь место при выполнении условия первого рода:

$$\frac{d}{dm} [D(\Delta Y_i)] \Big|_{m=m_0} = 0, \quad (15)$$

где m_0 – оптимальная поливная норма, обеспечивающая максимальный дополнительный чистый доход, м³/га полив).

Причем достаточно, чтобы

$$\frac{d^2}{dm^2} [D(\Delta Y_i)] \Big|_{m=m_0} < 0. \quad (16)$$

Максимизация дополнительного чистого дохода (13), определяемого режимом орошения, справедлива, если величина дохода больше нуля

$$D(\Delta Y_i) > 0. \quad (17)$$

Неравенство (17) является экономическим ограничением целевой функции (14).

Поскольку постоянные ежегодные затраты на содержание и техническое обслуживание оросительной системы не зависят от применяемого режима орошения и величины поливной нормы, в соответствии с (13, 15) имеем

$$\frac{d}{dm} [D(\Delta Y_i)] = -\frac{2a^2(c-r)Y_m}{(W_{\text{НВ}} - W_{\text{ВЗ}})^2} m_o + \frac{b}{\eta} \left(c_w + \beta \frac{C_{\text{П}}}{Q} \right) = 0. \quad (18)$$

Проверим выполнение ограничения (16). Из (18) следует

$$\frac{d^2}{dm^2} [D(\Delta Y_i)] = -\frac{2a^2(c-r)Y_m}{(W_{\text{НВ}} - W_{\text{ВЗ}})^2} < 0. \quad (19)$$

Полученное отрицательное значение второй производной (19) подтверждает выполнение требования (16). Следовательно, функция (13) имеет максимум, соответствующий наибольшему дополнительному чистому доходу.

Приравнявая к нулю первую производную дополнительного чистого дохода (18), получаем зависимость для определения технико-экономически обоснованной поливной нормы при орошении в открытом грунте:

$$m_o = \frac{b(W_{\text{НВ}} - W_{\text{ВЗ}})^2}{2a^2\eta(c-r)Y_m} \left(c_w + \beta \frac{C_{\text{П}}}{Q} \right). \quad (20)$$

При дождевании по общепринятой технологии коэффициент $a = 0,75$.

В формуле (20) присутствует соотношение $(\beta C_{\text{П}}/Q)$, определение составляющих которого может вызвать затруднения. Его можно трансформировать, используя тождество

$$\frac{\beta C_{\text{П}}}{Q} \equiv \frac{\beta C_{\text{П}} T_{\text{ср}} F}{Q T_{\text{ср}} F}, \quad (21)$$

где $T_{\text{ср}}$ – продолжительность работы насосной станции в средний год, (час или сут.)/сез.; F – орошаемая площадь, га.

Разделим соотношение (21) на две части. В числителе выделим удельные затраты на орошение

$$\frac{\beta C_{\text{П}} T_{\text{ср}}}{F} = Z_{\text{ср}}, \quad (22)$$

где $Z_{\text{ср}}$ – суммарные затраты на орошение единицы площади в средний год (электроэнергия, топливно-смазочные материалы, заработная плата обслуживающему персоналу, включая насосную станцию и оросительную технику, затраты на ремонты, техническое обслуживание оросительной системы во время полива, со всеми налогами), руб./га.

В знаменателе получим количество воды, забираемой насосной станцией из водоисточника для орошения (оросительную норму брутто),

$$\frac{QT_{\text{ср}}}{F} = M_{\text{ср}}, \quad (23)$$

где $M_{\text{ср}}$ – норма орошения (брутто) в средний год, м³/га.

Поскольку суммарные затраты на орошение единицы площади пропорциональны объему воды, забранной из водоисточника для полива, их среднелетние и фактические значения за конкретный год можно уравнивать:

$$\frac{Z_{\text{ср}}}{M_{\text{ср}}} \approx \frac{Z}{M}, \quad (24)$$

где Z – суммарные затраты на орошение в конкретный год (электроэнергия, топливно-смазочные материалы, заработная плата обслуживающему персоналу, включая насосную станцию и оросительную технику, затраты на ремонты, техническое обслуживание оросительной системы во время полива, со всеми налогами), руб./га; M – объем воды, забранной из водоисточника для орошения (норма орошения брутто) в тот же год, м³/га.

Из (20) с учетом зависимостей (21)–(24) получим приближенную формулу для расчета технико-экономически обоснованной поливной нормы при орошении в открытом грунте

$$m_o = \frac{b(W_{\text{НВ}} - W_{\text{ВЗ}})^2}{2a^2\eta(c-r)Y_m} \left(c_w + \frac{Z}{M} \right). \quad (25)$$

Формула (25) повторяет формулу (20), но в более простом и более удобном для использования виде. И суммарные затраты на орошение в конкретном году, и норму орошения (брутто) в том же году можно получить из бухгалтерской отчетности хозяйства.

Из вышеизложенного следует, что при определении величины оптимальной поливной нормы для орошаемой сельскохозяйственной культуры в конкретном хозяйстве необходимо знать следующие технико-экономические показатели:

- цену реализации продукции, руб./т;
 - удельные затраты на уборку, транспортировку, доработку, хранение и реализацию орошаемой сельскохозяйственной культуры, руб./га;
 - планируемую урожайность орошаемой культуры, т/га;
 - коэффициент полезного действия оросительной системы;
 - расход воды, который подается насосной станцией в напорный трубопровод из водосточника, м³/ч;
 - стоимость воды для орошения, руб./м³;
 - суммарные затраты средств на 1 час работы оросительной системы, руб./ч (электроэнергия, топливно-смазочные материалы, заработная плата обслуживающему персоналу, работающему в том числе на насосной станции и оросительной технике, затраты на ремонты, техническое обслуживание оросительной системы во время полива, со всеми налогами, накладные расходы и плановые накопления) либо суммарные затраты на орошение в конкретный год, руб./га и норма орошения (брутто) в тот же год, м³/га;
 - водно-физические свойства (наименьшая влагоемкость и влажность устойчивого завядания) орошаемой почвы.

Для примера в табл. 1 выполнен расчет оптимальных технико-экономически обоснованных поливных норм по среднемноголетним показателям для ряда сельскохозяйственных культур (капуста среднепоздних сортов, морковь столовая, лук репчатый и картофель), возделываемых на дерново-подзолистых суглинистых почвах, подстилаемых легким суглинком. Орошение проводится мобильной шланговой дождевальнoй машиной ПДМ-2500, агрегируемой с трактором МТЗ-82. Для забора воды из открытого водосточника используется дизель-насосная установка.

Влагозапасы в корнеобитаемом слое (0–50 см) для дерново-подзолистых суглинистых почв при насыщении до наименьшей влагоемкости ($W_{\text{нв}}$) равны 1600 м³/га, влагозапасы устойчивого завядания $W_{\text{вз}}$ соответствуют 500 м³/га (это минимальные, практически недоступные для растений влагозапасы почвы в расчетном слое). Затраты на уборку, доработку, транспортировку и реализацию продукции растениеводства могут определяться на основе нормативных материалов, содержащихся в типовых технологических картах или на основе соответствующих средних затрат, фактически

складывающихся в хозяйстве. Учтено, что водопользование для сельхозпредприятий в настоящее время бесплатное.

Приводим пример расчета m_0 по зависимости (20) для лука репчатого при планируемой урожайности 60 т/га

$$= \frac{2,3(1600 - 500)}{2 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot (550 - 40) \cdot 60} \cdot \left(0 + 1,25 \frac{54}{50}\right) = 156 \text{ м}^3/\text{га}.$$

В табл. 2 представлены результаты расчета оптимальных технико-экономически обоснованных поливных норм (m_0) для капусты среднепоздних сортов, моркови столовой, лука репчатого и картофеля, возделываемых на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах для трех уровней планирования урожайности.

Как видно из данных табл. 2, для получения максимальной прибыли предполагается повышение урожайности сельскохозяйственных культур путем ужесточения режима орошения при снижении поливных норм и, соответственно, уменьшении межполивных интервалов и увеличении числа поливов.

Для подтверждения соответствия полученной по формуле (20) нормы полива своему оптимуму в табл. 3 приведены результаты расчета чистой прибыли, получаемой при орошении моркови разными поливными нормами. Графики, построенные по данным таблицы, при монотонно убывающих значениях выручки от реализации прибавки урожая от орошения, сельхозиздержек на получение прибавки урожая и затрат на орошение, наглядно демонстрируют зависимость чистой прибыли от нормы полива и достижение максимальной величины при оптимальной поливной норме.

Для моркови при планируемом урожае 75 т/га при проведении дождевания машиной *Reinke* (табл. 3, рисунок) наибольшая прибыль может быть получена при норме полива 170 ± 10 м³/га. Несмотря на растущую прибавку урожая при ужесточении режима орошения путем снижения поливных норм и увеличения числа поливов, соответствующее повышение сельскохозяйственных издержек и затрат на проведение орошения идет более быстрыми темпами.

Таблица 1. **Хозяйственные показатели сельскохозяйственных культур, возделываемых на орошаемых землях**

№ п/п	Показатель	Ед. изм.	Орошаемая культура			
			капуста поздняя и среднепоздняя	морковь столовая	лук репчатый	картофель
1	планируемая урожайность	т/га	75	60	45	60
2	планируемая прибавка урожая от орошения	т/га	36	23	15	30
3	цена реализации продукции	руб./т	400	420	550	500
4	затраты на уборку, транспортировку, хранение, реализацию	руб./т	52	47	40	50
5	затраты на поливы, обслуживание и ремонт оросительной системы, плановые накопления	руб./ч	54	54	54	54
6	оросительная норма	м ³ /га	1200	900	500	1150
7	расход дождевальнoй машины ПДМ-2500	м ³ /ч	50	50	50	50
8	коэффициент α	–	0,75	0,75	0,75	0,75
9	коэффициент β	–	1,25	1,25	1,25	1,25

Таблица 2. **Результаты расчета оптимальных технико-экономически обоснованных поливных норм при поливе дождеванием, м³/га**

№ п/п	Орошаемая сельскохозяйственная культура	Оптимальная технико-экономически обоснованная поливная норма при планируемой урожайности, м ³ /га		
		75 т/га	60 т/га	45 т/га
1	капуста среднепоздних сортов	180	225	300
2	морковь столовая	170	210	280
3	лук репчатый	125	160	205
4	картофель	140	170	230

Таблица 3. **Расчет чистой прибыли, получаемой при разных режимах дождевания моркови [6]**

Норма полива, м ³ /га	Выручка от реализации прибавки урожая от орошения, долл. США/га	Сельскохозяйственные издержки на получение прибавки урожая, долл. США/га	Затраты на орошение, долл. США/га	Чистый доход, долл. США/га
100	4180	2926	1089	165
150	4061	2843	1040	178
170	4000	2800	1021	179
200	3894	2726	992	177
250	3680	2576	943	161

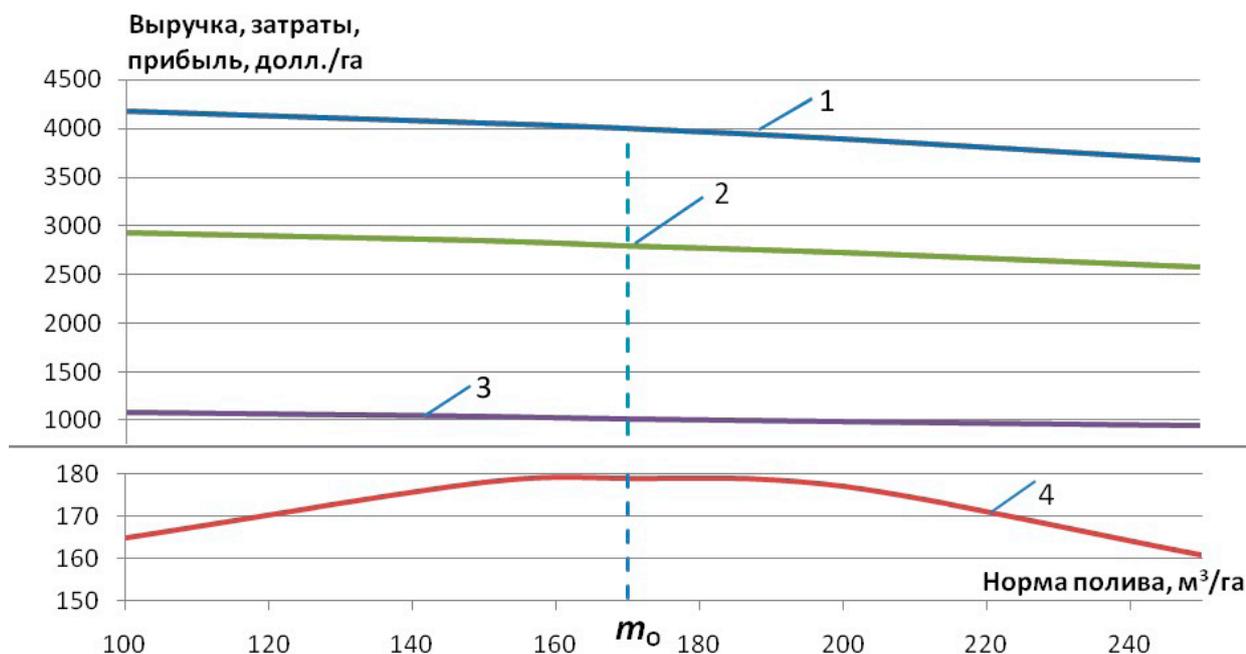


Рисунок. Зависимость от нормы полива экономических показателей возделывания моркови:

- 1 – выручка от реализации прибавки урожая от орошения, долл. США/га;
- 2 – сельскохозяйственные издержки на получение прибавки урожая, долл. США/га;
- 3 – затраты на проведение орошения, долл. США/га;
- 4 – чистая прибыль от возделывания моркови при разных режимах орошения, долл. США/га

Заключение

Технико-экономически обоснованный режим орошения сельскохозяйственных культур обеспечивает согласование величины поливной нормы с прибылью, получаемой от реализации прибавки урожая от орошения. Его целью является достижение наиболее выгодного баланса между доходами и расходами в орошаемом земледелии. Величина поливной нормы и предполивные влагозапасы устанавливаются в каждом конкретном хозяйстве с учетом достигнутых технико-экономических показателей так, чтобы чистая прибыль от оро-

шения была максимальной. В случае если технико-экономически обоснованная (оптимальная) поливная норма превысит экологический предел для орошаемой почвы (согласно действующему нормативу [5]), полив проводится экологически допустимой нормой. Этим соблюдается приоритет экологии перед экономикой.

Если же оптимальная поливная норма будет меньше технологического минимума для дождевальными машинами, следует переориентироваться на капельное орошение.

Библиографический список

1. Лыч, Г. М. Методические указания по определению экономической эффективности капитальных вложений в орошение земель в Нечерноземной зоне / Г. М. Лыч, А. Е. Жуков. – Минск : БелНИИМиВХ, 1974. – 47 с.
2. Механизация полива : справочник / Б. Г. Штепа [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1990. – С. 31–37.
3. Методические рекомендации по определению зависимости урожайности – влагообеспеченности на основе полевого опыта в условиях орошения / Д. Б. Циприс [и др.]. – Л. : СевНИИГиМ, 1988. – 50 с.

4. Лихацевич, А. П. Анализ результатов агрономических опытов с использованием обобщенной математической модели / А. П. Лихацевич // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2017. – № 2. – С. 68–81.

5. Оросительные системы. Правила проектирования : ТКП/ПР 45–3.04.2009 (02250). – Введ. 29.12.2009. – Минск : М-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2010. – 74 с.

6. Лихацевич, А. П. Определение технико-экономически обоснованных норм водопотребности при дождевании и капельном орошении овощных культур в условиях открытого грунта / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина // Мелиорация. – 2018. – № 4 (86). – С. 16–23.

Поступила 18 февраля 2021 г.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

*В. И. Желязко, доктор сельскохозяйственных наук
В. М. Лукашевич, кандидат сельскохозяйственных наук*

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

Аннотация

Исследования по обоснованию эффективности удобрительного орошения стоками животноводческих комплексов проведены в различных регионах Российской Федерации, странах Балтии, государствах дальнего зарубежья. В Беларуси этой проблемой в разные годы занимались ученые УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», РУП «Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси», НИРУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», некоторых отраслевых институтов Национальной академии наук. Вместе с тем, несмотря на более чем 20-летний опыт орошения животноводческими стоками, применяемая технология утилизации требует дальнейшего совершенствования. Обоснование режимов технологии использования животноводческих стоков на полях орошения в условиях техногенного загрязнения земель является актуальной научной проблемой, а разработка новых экологически безопасных технологических решений имеет важное практическое значение.

Ключевые слова: *эколого-экономическая эффективность, животноводческие стоки, мелиорируемые агроландшафты, орошение, загрязнения окружающей среды.*

Abstract

V. I. Zhelyazko, V. M. Lukashevich

ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE USE OF LIVESTOCK STREAMS FOR IRRIGATION OF PER- MANENT GRASSES

Studies to substantiate the effectiveness of fertilizing irrigation with livestock runoff have been conducted in various regions of the Russian Federation, the Baltic States, and foreign countries. In the Republic of Belarus, scientists of the Belarusian State Agricultural Academy, the Institute of Land Reclamation and Meadow Management of the National Academy of Sciences of Belarus, the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the National Academy of Sciences of Belarus, and some branch institutes of the National Academy of Sciences have been working on this problem in different years. At the same time, despite more than 20 years of experience in irrigation with livestock runoff, the applied recycling technology requires further improvement. That is why the justification of the modes of technology for the use of livestock runoff in irrigation fields in the conditions of technological pollution of land is an urgent scientific problem, and the development of new environmentally friendly technological solutions is of great practical importance.

Keywords: *ecological and economic efficiency, livestock runoff, reclaimed agricultural landscapes, irrigation, environmental pollution.*

Введение

При любом виде антропогенной деятельности водные ресурсы, почва, воздушный бассейн и ландшафт подвергаются изменениям, так как окружающая среда становится непосредственным участником производства общественного продукта. Устойчивость взаимосвязи состояния экологической системы и уровня экономики во многом зависит от состояния окружающей среды, которое ухудшается вследствие антропогенного воздействия. Оценка конечных результатов не учитывает величину ущерба, причиненного производ-

ственным объединениям и отдельным предприятиям, что исключает их экономическую ответственность за соблюдение нормативов использования природных ресурсов и поддержания норм выбросов загрязняющих веществ, находящихся в отходах производства. В основном любое производство – это производство отходов и лишь отчасти получение нужной продукции, да и сама нужная продукция после употребления превращается в отходы.

Характерная особенность сельскохозяйственного производства Республики Беларусь

заключается в переводе животноводства на промышленную основу. С экономической точки зрения это позволило сократить в свиноводстве затраты труда в 8–10 раз, а расход кормов более чем в 2 раза. При этом снизилась стоимость скотоместа по сравнению со средними показателями по стране, изменился характер труда, положительно решаются многие социальные вопросы.

Вместе с тем переход к индустриальным технологиям привел к концентрации жидкого навоза на сравнительно небольших площадях. Анализ и изучение проектных материалов показывают, что решение проблемы утилизации стоков с целью использования их в качестве органических удобрений сводится к решению трех основных задач: во-первых, удалению навоза из животноводческих помещений; во-вторых, его обеззараживанию и очистке; в третьих, агротехническому использованию в качестве органического удобрения.

Агротехническое использование навозных стоков реализуется в Беларуси по трем технологическим схемам: на земледельческих полях орошения (далее – ЗПО) для проведения удобрительного орошения, внесение мобильным транспортом, комбинированным способом (компостирование, ЗПО и внесение мобильным транспортом).

Результаты многочисленных исследований, а также изучение проектных решений по технологии использования навозных стоков для удобрительного орошения на ЗПО в сочетании с комплексом природоохранных мероприятий показывают, что при благоприятных гидрогеологических условиях и обоснованном режиме удобрительных поливов достигается высокое качество почвенной очистки стоков. Одновременно с этим обеспечивается надежность эксплуатации, возможность вовлечения в сельскохозяйственный оборот малопродуктивных и бросовых земель, которые зачастую подвержены техногенному загрязнению.

Несмотря на очевидные достоинства земледельческих полей орошения, следует отметить, что ошибочно использовать навозные стоки для удобрительного орошения на землях с близким залеганием грунтовых вод, как это характерно для Белорусского Полесья. В этом регионе подземные воды нередко пере-

крыты рыхлыми песчаными породами и имеют слабую естественную защиту от загрязнения. Поэтому выбор площадки для подобных объектов хозяйственной деятельности должен проводиться на основе анализа альтернативных вариантов, обеспечивающих предотвращение деградации окружающей среды, восстановление нарушенных в результате предыдущей деятельности природных экосистем, эколого-экономическую сбалансированность будущего хозяйственного развития, создание благоприятных условий жизни людей.

Эколого-экономическую оценку на данном этапе рекомендуется проводить по двум основным показателям [1]. Первым из них является экономический ущерб, причиняемый народному хозяйству загрязнением природной среды, а вторым – сравнительная экономическая эффективность затрат на охрану окружающей среды. При этом под экономическим ущербом подразумеваются фактические или возможные потери или отрицательные изменения природы, которые обусловлены антропогенной деятельностью и могут быть выражены в стоимостных или натуральных показателях.

Отмечаются следующие виды ущербов, возникающих в результате загрязнения почвы и природных вод: потери в результате недополучения растениеводческой продукции в результате загрязнения почвы; потери в результате снижения продуктивности животноводства по причине низкого качества кормов; потери в результате снижения продуктивности водных экосистем в результате сброса неочищенных сточных вод; дополнительные затраты на ликвидацию загрязнения почвы; дополнительные затраты на восстановление устойчивости водных экосистем; эстетический ущерб, связанный с деградацией агроландшафтов; психологический ущерб в результате неудовлетворенности населения качеством окружающей среды; затраты на восстановление здоровья населения по причине увеличения патологических изменений в организме; необратимое разрушение биогеоценозов в агроландшафтах; необратимое разрушение водных экосистем; исчезновение видов в растительном и животном мире.

Ущерб, наносимый природной среде в результате ее загрязнения, могут быть вычис-

лены в стоимостных или натуральных показателях или быть условно исчисляемы, то есть не поддаваться количественной оценке.

В свою очередь, экономический ущерб подразделяется на фактический (расчетный U_p), возможный (U_v) и предотвращенный (U_n).

Фактический (расчетный) ущерб определяется на стадии размещения объекта и учитывает фактический урон, наносимый окружающей среде в результате антропогенной деятельности в регионе. Возможный ущерб – это ущерб, который может быть в случае отсутствия природоохранных мероприятий. Предотвращен-

ный ущерб представляет собой разность между возможным и расчетным ущербами после проведения природоохранных мероприятий. Сейчас в Республике Беларусь отсутствуют исследования и соответствующие методики по количественной оценке изменения состояния отдельных видов реципиентов под воздействием загрязнения. Поэтому при определении величины экономического ущерба в результате сброса сточных вод используют величину выброса загрязняющих веществ в водные экосистемы.

Методы исследований

Исследования проведены в 1980–2020 гг. на специализированных мелиоративных системах с использованием навозных стоков крупных животноводческих комплексов северо-восточного региона Беларуси. Основные экспериментальные исследования проведены на опытных участках в РСУП СГЦ «Заднепровский» Оршанского р-на Витебской обл. В данном хозяйстве осуществляются мероприятия по рациональному размещению и специализации производства. Удаление навоза из животноводческих помещений производится гидравлическим способом. В результате этого годовой выход навозных стоков колеблется от 303,4 до 498,4 тыс. м³ в зависимости от количества поголовья на комплексе.

Оросительная система РСУП СГЦ «Заднепровский» запроектирована РУП «Белгипроводхоз» для использования навозных стоков селекционно-гибридного центра по выращиванию ремонтных свинок. Общая площадь оросительной системы составляет 1199 га, коэффициент земельного использования 0,99.

Поскольку оросительная система частично расположена на землях, испытывающих

временное переувлажнение, то на площади 528 га предусмотрено устройство закрытого дренажа. Дренажный сток, формируемый на осушительной системе, подлежит аккумулярованию в прудах-накопителях у дер. Кушевка и на канале Хотынь.

По предложению УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», с учетом сложности проблемы использования навозных стоков для орошения сельскохозяйственных культур, объемов мелиорации в хозяйстве и расположения оросительной системы в бассейне р. Днепр, в 1985 г. запроектирован и построен опытно-производственный участок, включающий водобалансовую площадку площадью 1,5 га, метеорологический пост и участок внутрпочвенного орошения.

Второй оросительной системой, на которой проводились исследования, была мелиоративная система агрокомбината «Юбилейный», расположенная также в Оршанском р-не Витебской обл. Общая площадь системы составляет 1500 га.

Основная часть

Экономический ущерб рекомендуется определять по методике, приведенной в [2]:

$$U_n = K \sigma M, \quad (1)$$

где K – константа для оценки экономического ущерба от загрязнения (принимается согласно [3]);

σ – константа, значение которой определено для водохозяйственного участка бассейна р. Днепр (Витебская и Могилевская области без западной части, $\sigma = 1,75$);

M – приведенная масса годового сброса загрязняющих веществ, усл. т/год [2]:

$$M = V \sum_{i=1}^n A_i m_i, \quad (2)$$

где V – объем очищенных (использованных на орошение) сточных вод;

n – общее число загрязнителей;

i – номер сбрасываемого загрязнителя;

m_i – предотвращенная масса годового сброса i -го загрязнителя, т/год;

A_i – показатель относительной опасности сброса i -го загрязнителя для водных объектов [2]:

$$A_i = \frac{1}{\text{ПДК}_i}, \quad (3)$$

где ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го загрязнителя в воде водных объектов.

На основе данной методики были определены расчетный и возможный ущербы в результате использования стоков свинокомплекса для удобрительного орошения. Ре-

зультаты проведенных расчетов представлены в табл. 1 и 2.

Теперь легко посчитать предотвращенный экономический ущерб [3]:

$$Уп = Ур - Ув.$$

В проведенных нами исследованиях экономический ущерб связан с недобором урожая сельскохозяйственных культур на загрязненных землях, а также со снижением продуктивности животных из-за низкого качества кормов. Ущерб в полеводстве, связанный с недобором урожая многолетних трав, проиллюстрирован на рис. 1.

Анализ приведенных данных показывает, что загрязнение почвы тяжелыми металлами приводит к недобору урожая на допустимом и критическом уровнях функционирования агроландшафта. Так, при загрязнении почвы преимущественно медью недобор урожая многолетних трав колеблется в пределах 0,9–60,7 %.

Таблица 1. Расчет фактического сброса загрязняющих веществ в водные экосистемы при использовании стоков свиноводческого комплекса РСУП СГЦ «Заднепровский» для орошения

Показатели	Химический состав стоков										Данные
	БПК ₅	взв. вещ	К	Na	Ca	Mg	NO ₃ ⁺ +NH ₄	Cl	SO ₄	P	
	мг О ₂ /л	мг/л									
концентрация стоков, подаваемых на орошение	210	320	–	57,8	102,2	58	717	132,8	166,0	327	анализов
ПДК	3	0.5	50	120	180	40	12	300	100	3,5	анализов
количество загрязнений, снятых почвой (m_i)	207	319,5	174	–	–	18	705	–	66,0	323,5	по расчету
показатель относительной опасности загрязняющего вещества (A_i)	0,33	2,0	0,02	0,0083	0,0056	0,025	0,083	0,0033	0,01	0,286	по расчету ф-ла 3
приведенная масса годового сброса ($A_i m_i$)	68,3	639,0	3,48	–	–	0,45	58,5	–	0,66	92,5	по расчету ф-ла 2
$\sum_{i=1}^n A_i m_i = 863 \frac{\Gamma}{\text{М}^3} = 0,000863 \text{ т/м}^3$						сумма годового сброса загрязняющих веществ $M = 0,000863 \cdot 437400 = 377,5 \text{ усл. т/год}$					

Таблица 2. Расчет возможного сброса загрязняющих веществ в водные экосистемы при использовании стоков свиноводческого комплекса РСУП СГЦ «Заднепровский» для орошения

Показатели	Химический состав возвратного стока с ЗПО										Данные
	БПК ₅	взв. вещ	K	Na	Ca	Mg	NO ₃ +NH ₄	Cl	SO ₄	P	
	г O ₂ /м ³	г/м ³									
поверхностный сток с полей орошения	27,3	127,4	44,9	19,6	29,3	28,1	35,1	13,7	46,2	39,6	анализов
ПДК	3	0,5	50	120	180	40	12	300	100	3,5	
количество загрязнений, снятых почвой (m_i)	24,3	126,9	–	–	–	–	23,1	–	–	36,1	по расчету
показатель относительной опасности загрязняющего вещества (A_i)	0,33	2,0	0,02	0,0083	0,0056	0,025	0,083	0,0033	0,01	0,286	по расчету ф-ла 3
приведенная масса годового сброса ($A_i m_i$)	8,02	253,8	–	–	–	–	1,92	–	–	10,3	по расчету ф-ла 2
$\sum_{i=1}^n A_i m_i = 274 \frac{\Gamma}{\text{М}^3} = 0,000274 \text{ т/м}^3$						сумма годового сброса загрязняющих веществ $M = 0,000274 \cdot 0,0051 \cdot 1150 \cdot 10^4 = 16,07 \text{ усл. т/год}$					

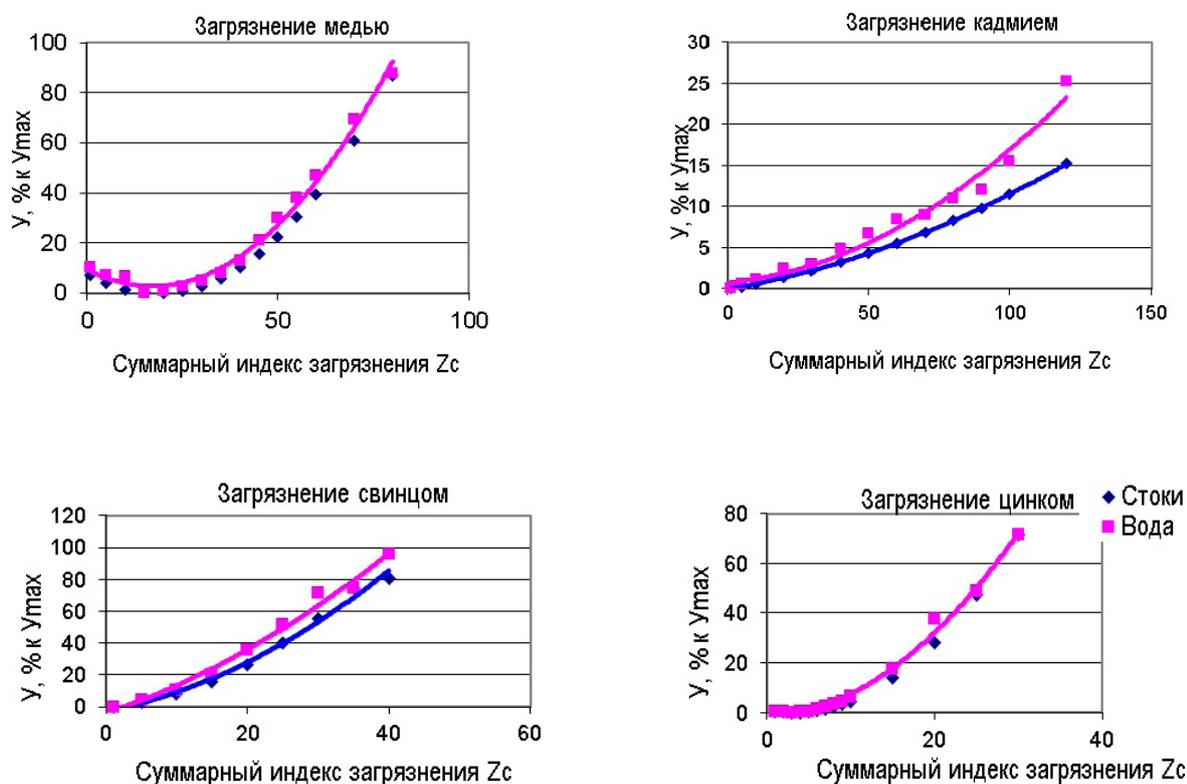


Рис. 1. Недобор урожая многолетних трав в зависимости от уровня загрязнения почвы ТМ

Для цинка снижение урожая составляло 0,1–71,5 %. Характеризуя влияние меди и цинка на урожай исследуемых культур, следует также отметить, что на нормальном уровне функционирования экосистемы имеет место положительное влияние антропогенного воздействия на урожай. Это связано с тем, что медь, как и цинк, являются биофильными элементами и устранение их дефицита улучшает физиологические процессы, что проявляется на количественных и качественных характеристиках урожая.

Несколько иная картина наблюдается для почв, загрязненных преимущественно свинцом и кадмием. При фоновом уровне содержание этих элементов на урожай влияет несущественно. Отклонения находятся в пределах точности вычислений. При увеличении загрязнения урожай снижается. Так, на допустимом и критическом уровнях функционирования агроландшафта недобор урожая многолетних трав составляет для кадмия 1,3–5,2 %, а для свинца – 2,5–94,9 %.

Орошение стоками свиноводческого комплекса снижает негативное действие загрязнения ТМ на урожай многолетних трав. Прежде всего это проявляется в большей урожайности их по сравнению с орошением природной водой. Однако уровень падения урожайности при преимущественном загрязнении почвы медью и цинком при орошении стоками и природной водой примерно одинаков.

Также нами проведено экспериментальное-теоретическое обоснование норм орошения стоками свиноводческих комплексов многолетних трав с учетом уровня загрязнения почвы соединениями тяжелых металлов. Установлено, что оросительные нормы дифференцируются в зависимости от уровня загрязнения почвы и урожайности сельскохозяйственных культур. Определение норм орошения по предлагаемой методике приводит к экономии поливной воды и энергоресурсов благодаря учету изменения урожайности и водопотребления сельскохозяйственных культур. При этом экономию поливной воды можно рассчитать по формулам [4]:

$$\Delta M = M - M_z, \quad (4)$$

$$\Delta M_{\%} = \frac{M - M_z}{M_z} 100, \quad (5)$$

где ΔM и $\Delta M_{\%}$ – удельная экономия поливной воды, м³/га и в процентах соответственно; M – оросительная норма, рассчитанная для незагрязненной территории, м³/га; M_z – оросительная норма, рассчитанная с учетом индекса суммарного загрязнения территории, м³/га.

Энергозатраты на полив Э и Э_z будут зависеть не только от величины оросительных норм M и M_z , но и от энерговооруженности техники полива, то есть от конкретного ее вида.

Расчет экономии энергетических затрат можно выполнить по аналогичным зависимостям [4]:

$$\Delta \Theta = \Theta - \Theta_z, \quad (6)$$

$$\Delta \Theta_{\%} = \frac{\Theta - \Theta_z}{\Theta_z} 100, \quad (7)$$

где $\Delta \Theta$ и $\Delta \Theta_{\%}$ – удельная экономия энергетических ресурсов (кВт·ч/га орошаемой площади и в процентах соответственно).

При выполнении расчетов экономии поливной воды и энергозатрат рекомендуется следующая последовательность.

1. Определяется величина оросительных норм M и M_z по соответствующим методикам.
2. Устанавливается величина поливной нормы m по региональным рекомендациям.
3. Вычисляется количество поливов [4]:

$$n = M/m, \quad (8)$$

$$n_z = M_z/m. \quad (9)$$

4. Определяется продолжительность работы дождевальной машины или аппарата на одной позиции [5]:

$$t = \frac{m \cdot \beta}{60 \cdot i}, \quad (10)$$

где t – время работы машины (аппарата) на позиции, час; β – коэффициент, учитывающий потери воды в процессе дождевания; i – интенсивность искусственного дождя, мм/мин.

Общая продолжительность полива за вегетационный период, час, равна [6]:

$$T = t \cdot n, \quad (11)$$

$$T_z = t_n \cdot z. \quad (12)$$

Требуемая мощность насосной станции будет равна [7]:

$$N = \frac{y \cdot Q \cdot H}{0,102 \cdot \eta_n \cdot \eta_d \cdot F}, \quad (13)$$

где N – требуемая мощность (удельная) для полива 1 га орошаемой площади, кВт ч/га; y – плотность воды, = 1 т/м³;

Q – расход насосной станции, м³/с;

H – требуемый свободный напор на гидранте, м;

η_n – коэффициент полезного действия насоса = 0,77–0,88;

η_d – коэффициент полезного действия двигателя = 0,80.

Затраты энергии для полива 1 га орошаемой площади в течение вегетационного периода определяются как

$$\mathcal{E} = N \cdot T, \quad (14)$$

$$\mathcal{E}_z = N \cdot T_z, \quad (15)$$

где \mathcal{E} и \mathcal{E}_z – затраты энергии (удельные) для полива 1 га орошаемой площади в течение вегетационного периода, соответственно как не загрязненной, так и загрязненной тяжелыми металлами, кВт ч/га [7].

Следует отметить, что снижение водопотребления приводит и к увеличению межполивных минимальных интервалов, что повышает сезонную производительность дождевальных машин [7]:

$$F_{\text{сез}} = \frac{86,4 \cdot Q \cdot T_{\text{min}}}{m \cdot \beta} K_{\text{сут}} K_M K_B, \quad (16)$$

где $F_{\text{сез}}$ – сезонная производительность (сезонная нагрузка для года расчетной обеспеченности орошения), га;

Q – расход воды дождевальной установки, л/с;

T_{min} – межполивной минимальный интервал при расчетной норме полива в наиболее напряженный (критический) период развития сельскохозяйственных культур для года расчетной обеспеченности, сут.;

$K_{\text{сут}}$ – коэффициент использования рабочего времени суток;

K_M – коэффициент, учитывающий простой дождевальных машин по метеоусловиям;

K_B – коэффициент, учитывающий потери рабочего времени в связи с перебазировкой машины на позиции.

Увеличение сезонной производительности дает возможность уменьшить количество дождевальных установок [8]:

$$n_d = F_{\text{оп}} / F_{\text{сез}}, \quad (17)$$

где $F_{\text{оп}}$ – общая площадь орошаемого участка, га.

В свою очередь, уменьшение количества дождевальных установок приводит к снижению металлоемкости оросительной сети. Следует учесть, что снижение энергозатрат также приводит к снижению металлоемкости насосно-силового оборудования. Расчеты, проведенные с учетом вышеизложенного, представлены в табл. 3.

Таблица 3. Расчет технико-экономических показателей режима орошения в условиях техногенного загрязнения

Показатель	Ед. изм.	Базовый вариант	Новый вариант		
			уровни загрязнения почвы		
			нормальный	допустимый	критический
1	2	3	4	5	6
Преимущественное загрязнение медью					
площадь орошения	га	1150	180	620	350
нормы орошения	м ³ /га	1620	1620	1360	1240
средневзвешенная норма орошения	м ³ /га	–		1342	
экономия оросительной воды	м ³ /га	–		278	
	%	–		20,7	
поливная норма	м ³ /га	250		250	
количество поливов	шт.	6		5	
удельные затраты энергии на проведение поливов	кВт ч/га	11,9		9,9	
экономия удельной энергии	кВт ч/га	–		2,0	
	%	–		20,5	

1	2	3	4	5	6
сезонная нагрузка на дожд. технику	га	116,2		145,3	
к-во дожд. машин	шт.	10		8	
Преимущественное загрязнение цинком					
площадь орошения	га	1150	210	705	235
нормы орошения	м ³ /га	1620	1620	1310	1230
средневзвешенная норма орошения	м ³ /га	–		1306	
экономия оросительной воды	м ³ /га	–		314	
	%	–		24,0	
поливная норма	м ³ /га	250		250	
Количество поливов	шт.	6		5	
удельные затраты энергии на проведение поливов	квт ч/га	11,9		9,6	
экономия удельной энергии	квт ч/га	–		2,29	
	%	–		23,9	
сезонная нагрузка на дожд. технику	га	116,2		159,8	
к-во дожд. машин	шт.	10		7	
Преимущественное загрязнение свинцом					
площадь орошения	га	1150	–	618	532
нормы орошения	м ³ /га	1620	–	1460	1400
средневзвешенная норма орошения	м ³ /га	–		1432	
экономия оросительной воды	м ³ /га	–		188	
	%	–		13,1	
поливная норма	м ³ /га	250		250	
кол-во поливов	шт	6		5	
удельные затраты энергии на проведение поливов	квт ч/га	11,9		10,5	
экономия удельной энергии	квт ч/га	–		1,4	
	%	–		12,9	
сезонная нагрузка на дожд. технику	га	116,2		145,3	
к-во дожд. машин	шт.	10		8	

П р и м е ч а н и е. Расчеты выполнены для среднезасушливого года (25 % по дефициту водного баланса) северной гидрологоклиматической зоны. Почвы – дерново-подзолистые суглинистые.

Расчеты табл. 3 показывают, что применение разработанной методики расчета норм орошения позволяет более рационально расходовать водные и энергетические ресурсы. Так, расход воды на формирование оптимального водного режима снижается на 13,1–24,0%, экономия энергии на проведение поливов –

12,9–23,9 %. Уменьшается количество требуемой дождевальной техники.

Однако к этому следует добавить, что экономическая эффективность режимов орошения на допустимом и критическом уровнях экосистемы должна определяться с учетом затрат на реабилитацию земель. Зачастую она

может быть оправдана лишь социальным и экологическим эффектами, измерить которые в денежном выражении достаточно сложно, но проведение их необходимо.

Бесспорно, проведенные расчеты эколого-экономического эффекта не являются исчерпывающими, так как требуется специальное изучение многих аспектов этой проблемы. Ясно одно, что устойчивость взаимосвязи состояния экосистемы и уровня экономики зависит от состояния окружающей среды, которое ухудшается в результате техногенного воздействия.

В заключение следует отметить, что при рассмотрении эколого-экономических систем со сложными обратными связями вскрываются области устойчивости параметров и состояния системы. Например, интенсификация производства при неизменной технологии повышает уровень загрязнения окружающей

среды, а окружающая среда посредством изменения качества трудовых, сырьевых и других ресурсов влияет на темпы и экономику развития производства. Подобных эколого-экономических обратных взаимосвязей в системе рационального использования, воспроизводства ресурсов и охраны среды большое множество. Сложность расчета величины эколого-экономических взаимосвязей сопряжена в основном с изменением и определением времени протекания процессов на всех этапах обратных связей системы. Поэтому для упрощения исследований иногда целесообразен системный анализ отдельных экономических и экологических показателей. Это позволит выполнить ориентировочное научное прогнозирование развития экологической системы и создать оптимальный программно-целевой план размещения производительных сил.

Выводы

1. Загрязнение почвы соединениями тяжелых металлов приводит к потерям урожая многолетних трав. При загрязнении медью недобор урожая колеблется в пределах от 0,9 до 60,7 %, а для цинка он составляет 0,1–71,5 %. Такая ситуация имеет место при допустимом и критическом уровнях загрязнения почвы. На нормальном уровне функционирования экосистемы внесение меди и цинка способствует повышению урожайности. Это связано с тем, что медь, как и цинк, являются биофильными элементами и устранение их дефицита улучшает физиологические процессы, что проявляется в количественных и качественных характеристиках урожая. На почвах, загрязненных свинцом и кадмием при фоновом уровне содержания этих элементов, урожай снижается несущественно. При допустимом

и критическом уровнях функционирования агроландшафта недобор урожая многолетних трав колеблется для кадмия 1,3–25,2 %, для свинца 2,5–94,9 %.

Орошение стоками свиноводческого комплекса снижало негативное действие загрязнения ТМ на урожай многолетних трав. Это проявлялось прежде всего в большей урожайности по сравнению с орошением природной водой.

2. Применение разработанной методики расчета норм орошения, учитывающей экологическое состояние почв, позволяет более рационально расходовать водные и энергетические ресурсы. Расход воды на формирование оптимального водного режима снижается на 13,1–24,0 %, а экономия энергии при проведении поливов составляет 12,9–23,9 %.

Библиографический список

1. Рекомендации по технологии утилизации свиносток в сложных гидрогеологических условиях, сохраняющей почвенное плодородие и предотвращающей загрязнение водных объектов. – Рязань, 2000. – 58 с.

2. Пособие по эколого-экономической оценке размещения объектов хозяйственной и иной деятельности в Республике Беларусь / А. М. Клыбик [и др.] ; под общ. ред. И. В. Войтова. – Минск : М-во природ. ресурсов и охраны окруж. среды Респ. Беларусь, 1999. – 346 с.

3. Децук, В. С. Оценка ущерба от загрязнения окружающей природной среды : учеб.-метод. пособие / В. С. Децук. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 50 с.
4. Mazhaysky, Y. A. Technological solutions for ecological safety of meliorative systems in case of technical pollution / Y. A. Mazhaysky, V. I. Zhelyazko // Abstracts of ICID international conference «Food production and water: social economic issues of irrigation and drainage». – P. 27–28.
5. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации : учеб. для студ. высш. учеб. завед. по спец. «Мелиорация и водное хозяйство» / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск : ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
6. Голченко, М. Г. Справочник по орошению дождеванием / М. Г. Голченко и [др.] ; под ред. М. Г. Голченко, А. И. Михальцевича. – Минск : Ураджай, 1993. – 247 с.
7. Желязко, В. И. Дождевание многолетних трав стоками свиноводческих комплексов : дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / В. И. Желязко. – Горки, 1987. – 138 с.
8. Лукашевич, В. М. Экономическая и энергетическая оценка возделывания японского проса на зеленую массу при дождевании / В. М. Лукашевич // Вестн. БГСХА. – 2015. – № 4. – С. 116–119.

Поступила 3 мая 2021 г.

ФОРМИРОВАНИЕ СТОКА НА СУГЛИНИСТЫХ ПОЧВОГРУНТАХ

А. И. Митрахович¹, кандидат технических наук

В. М. Макоед¹, ведущий научный сотрудник

И. Ч. Казьмирук², кандидат технических наук

¹РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

Аннотация

Изложены результаты исследований формирования динамики поверхностного и дренажного стоков на мелиоративных системах со слабопроницаемыми почвогрунтами. Приведены критические периоды формирования модулей поверхностного и дренажного стоков, раскрываются определяющие их факторы. Отмечается цикличность работы дренажных систем с преимущественно атмосферным водным питанием и продолжительность работы дренажа в различные по водности годы. Указываются распределение дренажного стока по периодам года и среднегодовая продолжительность поверхностного стока. Показано влияние площади дренажных систем на объем и модуль дренажного стока. Предлагается суммировать модули дренажного и поверхностного стоков при проектировании дренажных коллекторов.

Ключевые слова: грунтовые воды, модуль стока, дренаж, осадки, осушение, фильтрация.

Abstract

A. I. Mitrakhovich, V. M. Makaed, I. Ch. Kazmiruk
FORMATION OF RUNOFF ON LOAMY SOILS

The results of research on the formation of surface and drainage runoff dynamics on land reclamation systems with low water permeability soils are presented. Critical periods of formation of surface and drainage drain modules are given, their determining factors are disclosed. There is a cyclical operation of drainage systems with mainly atmospheric water supply and the duration of drainage work in different years of water content. The distribution of drainage runoff by year periods is given and the average annual duration of surface runoff is indicated. The influence of the drainage system area on the volume and drainage drain module is illustrated. When designing drain headers, it is proposed to summarize the drainage and surface runoff modules.

Keywords: groundwater, runoff module, drainage, sediments, land reclamation, filtration.

Введение

Если осушение переувлажненных легких почв сложной проблемой не является, то мелиорация тяжелых почв – тема постоянных дискуссий и споров.

В течение длительного времени во многих странах мира, в том числе и в нашей стране, ведутся работы по совершенствованию дренажных систем на тяжелых почвах для повышения эффективности их действия. Достижение этой цели сводилось к разработке конструкций дренажа, обеспечивающих необходимую интенсивность осушения и высокую надежность систем, к совершенствованию ме-

роприятий по улучшению водно-физических свойств почвогрунтов и почвоуглублению.

В этой связи представляется целесообразным проанализировать и осветить опыт ранее проведенных исследований отечественных и зарубежных ученых по гидрологическому и осушительному действию дренажных систем с целью применения данных, полученных на опытно-производственных системах в современных условиях при проектировании и совершенствовании мелиоративных систем более высокого технического уровня.

Основные результаты

Критерий интенсивности осушения характеризует способность понижения почвенно-грун-

товых вод в течение заданного времени t (сут.), различного суточного слоя осадков повторяемо-

стью N (лет) [1]. Время, необходимое для отвода избыточной влаги, зависит от предполагаемого осушаемого массива и чувствительности культур к переувлажнению. По данным чешских ученых, этот показатель выражается временем, в течение которого пребывание растений в условиях

избыточного увлажнения вызывает снижение урожайности не более чем на 20 % [1]. Требуемая продолжительность отвода избыточной влаги почвенно-грунтовых вод является исходным параметром проектов для определения степени интенсивности осушения (табл. 1) [2].

Таблица 1. Значения допустимого времени осушения t (сут.) при повторяемости осадков N (лет)

Степень интенсивности осушения	Допустимое время осушения, сут.	Повторяемость осадков, лет
очень высокая	2	10
высокая	3–4	5–10
нормальная	5–7	5–2
низкая	8–10	2

В свою очередь, значения t и N зависят от модуля дренажного стока q_n . При неустановившемся режиме интенсивность осушения обеспечивается благодаря понижению уровня грунтовых вод с начального значения h_0 , вызванного максимальными суточными осадками определенной обеспеченности (табл. 2) до минимально допустимого уровня h_{min} , являвшегося нормой осушения: для лугов 0,2–0,5; для пастбищ 0,3–0,4; для пахотных земель 0,5–0,7 (низкие значения относятся к песчаным почвам, высокие к суглинистым, поскольку суглинистые почвы имеют большую высоту капиллярного поднятия).

Значения h_0 рекомендуется определять по следующей формуле:

$$h_0 = H_S(1 - \alpha)\eta,$$

где H_S – максимальный суточный слой осадков;

α – коэффициент стока (изменяется в пределах 0,1–0,75 и зависит от водопроницаемости почв и уклона местности);

η – коэффициент водоотведения почвогрунтовых вод (свободная порозность).

В условиях избыточного увлажнения интенсивность осушения обеспечивается проектным модулем стока.

Таблица 2. Значения суточного максимального слоев осадков H_S (мм/сут.) для различной повторяемости осадков N (лет) [1]

H мм/год	N					
	1	2	3	5	10	100
500	31,9	37,0	40,5	45,3	53,0	87,8
750	37,2	43,2	47,2	51,8	61,8	102,3
1000	42,5	49,3	53,9	60,3	70,5	116,8

Многочисленные исследования модуля дренажного стока показали, что это один из основных показателей эффективности и работоспособности дренажных систем, а также обоснованности их применения. Он зависит как от природно-климатических, так и инженерных факторов. Различают поверхностный и дренажный модули стока и две фазы его форми-

рования: в условиях мерзлого грунта и при отсутствии мерзлоты. Детальное исследование по этой проблеме провел А. И. Сакалаускас [3].

Работы, посвященные дренажному и поверхностному стокам, проводились на объектах площадью от 13 г до 408 га. Изучались способы и конструкции сооружений для отвода поверхностных вод. Опытные дренажные

системы классифицировались по почвогрунтам и видам сельхозугодий на Среднелитовской низменности [4].

Почвообразующей породой на опытных системах являлись различные суглинки от легких до тяжелых. Основные почв – дерновые и дерново-подзолистые глееватые и глеевые. Коэффициент фильтрации суглинистых почв колебался в пределах от 0,018 до 1,12 м/сут. Водное питание опытных дренажных систем преимущественно атмосферное. Дренажный, поверхностный и суммарный стоки измерялись на 12 водомерных постах. Вегетационный период с 11 апреля до 25 октября; с 25 октября до 11 апреля – невегетационный.

Дренажный сток в отдельные годы варьировался в значительных пределах: от 28,5 до 260 мм. Он зависит в основном от количества и распределения атмосферных осадков, температуры воздуха во время снеготаяния, рельефа и сельскохозяйственного водосбора и водонасыщенности почвогрунтов, а также промерзания почвы.

В летнее время при малой влажности почвогрунтов после бессточного периода дренажный сток формируется, если суточное количество атмосферных осадков превышает 20 мм. Системы на осушенных землях с атмосферным водным питанием работают циклично, а системы со смешанным типом водного питания или при наличии грунтово-напорного типа работают непрерывно круглый год.

Формирование поверхностного стока

Поверхностный сток формируется в основном в весенний период во время интенсивного снеготаяния и зависит от запасов воды в снеге и осадков. В отдельные годы он может образовываться как в зимнее время за счет кратковременных оттепелей, так и в летнее за счет ливневых дождей. Максимум поверхностного стока обычно формируется на 1,5–4 часа раньше, чем максимум дренажного.

Внутрисуточное изменение поверхностного стока прямо зависит от температуры воздуха и осадков. Наименьший поверхностный сток образуется на площади зяблевой пахоты. Средняя продолжительность поверхностного стока составляет 24 сут. в году, в том числе за весенний период 18 сут., или 75 %.

В период снеготаяния дренажный сток формируется за счет поверхностного. Это подтверждается результатами измерения температуры дренажной воды, которая в начале снеготаяния при попадании ее в дрены с температурой $+3\div+4$ °С падает до $+1,5\div+2$ °С. Поступление талой воды в дрены происходит через незамерзший грунт в отдельных понижениях рельефа, местах больших снежных заносов, где глубина промерзания почвы незначительная. За весенний период дренаж отводит до 75 % и более годового стока, осенью и зимой дренажный сток составляет около 20 % от годового, а за летний период всего – до 6 %. Наибольший объем дренажного стока наблюдался в апреле: 48, 37 и 50 % в различные по обеспеченности годы.

Максимальные среднесуточные модули дренажного стока на больших системах (70 га и более) меньше, чем на небольших, и не превышают 1,0 л/с-га. Максимальные моментные составляют $1,3\div+1,4$ л/с-га. Амплитуда среднесуточной изменчивости составляет $0,4\div+0,6$ л/с-га.

Величина дренажного стока зависит от величины системы и сельскохозяйственной площади. С уменьшением площади дренажной системы среднемноголетние модули дренажного стока увеличиваются. Фактические модули дренажного стока в течение года были незначительно больше расчетных только несколько дней (от 1 суток до 13.)

Анализ обеспеченности среднесуточных модулей поверхностного стока показал, что модули величиной 0,2 л/с-га продолжают 4,1 сут. (обеспеченность 1,1 %), а модули 0,4 л/с-га – 1,5 сут. (обеспеченность 0,4 %).

Апробированы способы отвода поверхностного стока с дренированных сельскохозяйственных земель. Исследованы два способа:

открытый способ – по искусственным ложбинам;

закрытый способ – дренажной сетью с фильтрами- и колодцами-поглотителями.

Ложбины глубиной 0,3–0,4 м с откосами 1:7 были залужены и эксплуатировались как луг.

Закрытый способ отвода поверхностного стока более пригоден в условиях холмистого

рельефа. Поверхностный сток отводился в дренажную сеть через колодцы-поглотители по коллекторам увеличенного диаметра. Данный способ может применяться и на дренированных площадях с более спокойным рельефом, особенно при наличии отдельных, небольших по площади замкнутых понижений. Когда площадь пониженного элемента рельефа составляет 1 га и более, а максимальная глубина понижения – 0,3–0,4 м, то перевод поверхностного стока в дренажный рекомендуется проводить с помощью колодцев-поглотителей различных конструкций. При большей глубине понижения и большой водосборной площади рекомендуется устраивать водоемы-копани со сбросом воды из них в магистральный канал или непосредственно в водоприемник.

В Литве значения модуля стока принимались для расчета дрен $0,4 \div 0,5$ л/с-га, а поверхностного $0,3 \div 0,7$ л/с-га. При расчете дренажных коллекторов модули дренажного и поверхностного стока суммируются. Их пропускная способность была вполне достаточной для отвода поверхностных вод в летний период [5].

Самым ответственным периодом эксплуатации крупных закрытых мелиоративных систем в Латвии считается весенний, когда наблюдался максимальный объем дренажного и поверхностного стоков [4]. Проведенные наблюдения за действием дренажа показали, что при проектировании закрытых систем площадью свыше 60–70 га в условиях холмистого рельефа особое внимание следует уделять отводу поверхностного склонового стока. Судя по наблюдениям на системах дренажа, интенсивный сток образуется на площадях с уклоном поверхности земли $i > 0,008$. Состав почвы мало влияет на интенсивность поверхностного стока на слабопроницаемых почвогрунтах, поскольку в большинстве случаев сток образуется на замерзшем грунте. В этом случае для перехвата и отвода поверхностных вод из бессточных понижений целесообразно использовать колодцы-поглотители.

В равнинных условиях на дренированных и хорошо окультуренных почвах основная часть образовавшегося при снеготаянии поверхностного стока сразу же инфильтруется в землю и идет на пополнение дренажного стока. Во избежание перегрузки закрытой сети целесообразно применять планировку поверхности и

другие мероприятия, способствующие отводу воды с поверхности.

Пропускная способность коллекторов вполне достаточна для отвода поверхностных вод и в летнее время. Застой воды на поверхности в течение 3–4 дней в пониженных элементах рельефа в весенний период не влияет на урожайность в период вегетации сельскохозяйственных культур.

В исследованиях А. У. Рудого, посвященных осушению лесово-западных земель, указывается, что во время снеготаяния и обильных дождей вода практически не задерживается на повышенных элементах рельефа, имеющих большие уклоны в сторону западин, и стекает в понижения, особенно ранней весной по промерзлой почве [6]. Перехватить ее с помощью нагорно-ловчей открытой сети в условиях мелкозападного рельефа технически сложно и экономически нецелесообразно, так как устройство каналов ведет к увеличению контурности полей (и без того высокой: средний размер контура составляет 0,33–1,1 га). При этом снижается производительность сельскохозяйственных машин на 30–40 % при пахоте, на 10–12 % – при культивации и бороновании, до 15 % – на посевах зерновых. Наиболее приемлемым приемом сокращения притока воды с внешнего водосбора в западины является аккумуляция части поверхностного стока на повышенных элементах рельефа (почва которых в летнее время испытывает недостаток влаги), достигаемая путем глубокого рыхления поперек склона. Это увеличивает влагоемкость почвы и позволяет аккумулировать в верхнем полуметровом слое до $20 \div 25$ мм воды.

Довольно обстоятельные опыты по изучению эффективности дренажа на слабопроницаемых почвах были проведены учеными Белорусской сельскохозяйственной академии [7]. Ими установлен характер работы дренажа в течение года. Летом дренаж может работать при длительных и интенсивных дождях. К осени при снижении транспирации и испарения дренаж снова включается в работу. Основное влияние на характер осеннего стока оказывают осадки и увлажнение почвы предшествующего периода. Сток начинается через 1–1,5 месяца после насыщения почвы влагой. В условиях Горецкого р-на Могилевской обл. средняя годовая продолжительность стока дренированной территории составила 55–58 суток при количестве циклов от 3 до 7.

Формирование дренажного стока

Исследования по формированию дренажного стока проводились учеными РУП «Институт мелиорации». При изучении режима формирования дренажного стока на слабопроницаемых почвогрунтах Витебской и Могилевской областей было отмечено различное распределение влажности почвы по глубине в зависимости от метеоусловий: наибольшие значения наблюдались в верхних горизонтах (0–20 см) после выпадения дождей. Через 5–7 дней после выпадения осадков наблюдалось явление миграции гравитационной влаги в нижние слои почвы. Однако следует отметить, что, имея низкий коэффициент фильтрации, миграция гравитационной воды в нижние слои (40–60 см) происходит медленно, и это сказывается на времени появления дренажного стока.

В сухой период (10 и более дней без осадков) происходит высыхание верхнего слоя почвы. В поры грунта, которые были заполнены водой, входит воздух, и в почве образуются трещины. При выпадении дождей гравитационная влага, попавшая в глубокие слои сухой почвы по крупным трещинам, впитывается и отводится дренажом.

При проектировании мелиоративных систем модули дренажного стока в Беларуси принимаются $0,5 \div 0,7$ л/с·га. По исследованиям, проведенным РУП «Институт мелиорации» на объекте СПК «Мазоловский» Могилевской

обл. на участке с холмистым рельефом, сложенным лессовидными суглинками, установлено, что основной дренажный сток формируется в весенний период – с 4 по 22 апреля [8]. На различных вариантах осушения он колебался в пределах от $0,07$ л/с·га до $0,17$ л/с·га. Максимальный модуль стока $1,12$ л/с·га отмечен на дренажной системе из труб ПВХ «Вавин» с объемным кокосовым фильтром. Применение кокосового фильтра на грунтах с низким коэффициентом фильтрации более эффективно, чем геотекстильных фильтров, толщина которых зачастую не превышает 1 мм. Дрены с кокосовым фильтром были присыпаны песком на высоту $0,1$ м, а не растительным грунтом, как рекомендовано в ТКП 45-3.04-8-2005 (02250) «Мелиоративные системы и сооружения. Нормы проектирования».

Кроме того, следует отметить, что наибольший модуль дренажного стока зафиксирован в 2009 г., отличавшемся многоводностью. Среднее значение модуля дренажного стока на мелиорированных землях объекта с лессовидными суглинками за период наблюдения 2006–2009 гг. находилось в пределах $0,02 \div 0,07$ л/с·га. Годы 2006–2008 были маловодными.

Модуль дренажного стока на опытно-производственных участках Витебской области, в частности на объекте «Васюки», за последние годы наблюдений 2013–2019 гг. не превышал $0,3$ л/с·га.

Заключение

Результаты проведенного обзора гидрологического и осушительного действия дренажных систем на слабопроницаемых почвогрунтах Литвы и Латвии позволяют полагать, что процессы формирования модуля стока характерны и для мелиоративных объектов нашего Поозерья, восточной части Беларуси (Оршанско-Могилевское плато) и других площадей со слабопроницаемыми почвогрунтами.

На основании обзора и полученных авторами результатов исследований можно сделать следующие выводы.

1. При незначительном промерзании почвогрунтов дренажный сток в начале снеготаяния формируется раньше поверхностно-

го, что установлено по падению температуры дренажной воды с $+3,5 \div 4,0$ °С до $1,5 \div 2,0$ °С за счет попадания в дрены поверхностной воды.

2. Дренажем отводится в среднем 20 % от годового количества атмосферных осадков: зимой 11,9 %, весной 70,3 %, летом 4,1 % и осенью 13,7 %.

3. Дренажные системы на мелиорированных землях с преимущественно атмосферным водным питанием работают циклично с количеством циклов от 4 до 7.

4. Среднее значение модуля дренажного стока на объекте с холмистым рельефом на лессовидных суглинках составило $0,02 \div 0,07$ л/с·га, что значительно ниже проектного $0,7$ л/с·га.

5. Водоприемная способность дрен зависит от применяемого фильтра. На слабо- доприницаемых почвах наибольший модуль дренажного стока наблюдался на дренаже с объемными фильтрами.

Библиографический список

1. Фидлер, И. Проектирование дренажа в ЧССР по интенсивности осушения угодий / И. Фидлер // Мелиорация и вод. хоз-во. – 1990. – № 3. – С. 58–59.
2. Фидлер, И. Интенсивность осушения в зависимости от степени использования сельскохозяйственных угодий / И. Фидлер // Гидротехника и мелиорация. – 1979. – № 12. – С. 76–78.
3. Сакалаускас, А. И. Исследование гидрологического действия и эффективности больших дренажных систем : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. И. Сакалаускас ; Белорус. науч.-исслед. ин-т мелиорации и вод. хоз-ва. – Минск : [б. и.], 1972. – 48 с.
4. Риекстс, И. А. Опыт строительства крупных дренажных систем в Латвийской ССР / И. А. Риекстс // Гидротехника и мелиорация. – 1968. – № 5. – С. 41–48.
5. Сакалаускас, А. И. Результаты исследований гидрологического действия больших дренажных систем / А. И. Сакалаускас // Сб. тр. Литов. НИИ гидротехники и мелиорации. – 1974. – Т. 9. – С. 25–38.
6. Рудой, А. У. Исследование действия дренажных систем на лесово-западных землях / А. У. Рудой // Осушительно-увлажнительные системы : сб. науч. работ / Белорус. НИИ мелиорации и вод. хоз-ва. – Минск, 1986. – С. 91–99.
7. Равовой, П. У. Некоторые результаты исследований глубокого рыхления суглинистых почв с применением химмелиорантов / П. У. Равовой, В. И. Высокоморный // Тр. БГСХА. – 1981. – Вып. 72. «Мелиорация и гидротехника в БССР». – С. 85–89.
8. Осушение слабопроницаемых почв с западным рельефом / В. И. Желязко [и др.] // Мелиорация. – 2009. – № 1 (61). – С. 100–107.

Поступила 4 июня 2021 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ мелиорированных земель

УДК 631.432:519.22

УЯЗВИМОСТЬ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ К ЗАСУХАМ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

А. С. Мееровский¹, доктор сельскохозяйственных наук

В. И. Мельник², кандидат географических наук

В. М. Яцухно³, кандидат сельскохозяйственных наук

¹РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

²ГНУ «Институт природопользования» НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

³Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

Аннотация

Приводятся результаты исследования, посвященного типизации почв сельскохозяйственных земель региона Белорусского Полесья по степени их уязвимости (предрасположенности) к засухам. Для этого была выполнена оценка увлажнения указанных почв за период потепления климата (1989–2018 гг.), выявлена динамика их влагозапасов в течение вегетационного периода (апрель – октябрь). На примере аграрного землепользования Калинковичского и Пинского административных районов показаны пространственное различие и неоднородность почв по степени их уязвимости к засухам, что требует применения дифференцированных мер по адаптации и смягчению последствий климатических изменений.

Ключевые слова: почвы сельскохозяйственных земель, влагозапасы почв, агрогидрологические константы, уязвимость почв, почвенная засуха, влажность разрыва капилляров, полная полевая влагоемкость, потепление климата, осушенные почвы.

Abstract

A. S. Meerovsky, V. I. Melnik, V. M. Yatsukhno
SOIL VULNERABILITY TO DROUGHTS IN THE CONDITIONS OF THE EARTH WARM OF THE BELARUSIAN POLESSIE

The article presents the results of a study devoted to the typification of soils of agricultural lands in the region of Belarusian Polesie according to the degree of their vulnerability (predisposition) to droughts. For this, an assessment was made of the moisture content of these soils during the period of climate warming (1989–2018), and the dynamics of their moisture reserves during the growing season (April – October) was revealed. Using the example of agricultural land use in the Kalinkovichi and Pinsk administrative districts, we show the spatial difference and soil fertility in terms of their vulnerability to droughts, which requires the use of differentiated measures to adapt them to mitigate the consequences of climate change.

Keywords: agricultural soils, soil moisture reserves, agrohydrological constants, soil vulnerability, soil drought, capillary rupture moisture, total field moisture capacity, climate warming, drained soils.

Введение

Наблюдаемое в последние несколько десятилетий потепление климата на территории Беларуси сопровождается ростом температур воздуха, что привело к увеличению частоты и продолжительности засух, которые негативно влияют на растениеводческую отрасль сель-

ского хозяйства. Особенно это проявляется в регионе Белорусского Полесья, где в структуре сельскохозяйственных земель преобладают весьма чувствительные к погодным условиям и климатическим изменениям легкие по гранулометрическому составу песчаные и рыхлые

супесчаные почвы, а также мегкозалежные торфяные и сильно минерализованные осушенные (дегродторфяные) почвы. Возникающие при этом экологические риски возделывания сельскохозяйственных культур в результате проявления засух ежегодно наносят заметный экономический ущерб за счет недобора и даже потери их урожайности. Кроме этого, заметно ухудшается в целом ситуация с влагообеспеченностью в регионе, что негативно отражается на состоянии и функционировании всех расположенных здесь экосистем, а также на водообеспечении сельского населения.

С учетом этого обстоятельства назрела необходимость принятия безотлагательных и действенных мер по предотвращению и смягчению последствий засух. Их обоснование и разработка должны базироваться на оценке уязвимости разнообразных почв к проявлению засух, понимаемой как «склонность и предрасположенность к неблагоприятным климатическим воздействиям и выражающейся степенью их подверженности последствий изменения климата» [1]. Выдвигаемая идея первичности определения уязвимости почв к

засухам неслучайна, ибо без ее определения невозможно объективно судить, какие меры и в какой степени необходимы для успешного решения задач адаптации и смягчения последствий засух, особенно на сельскохозяйственных землях. В контексте научных исследований эта проблема не получила должного развития, хотя ее направления, связанные с оценкой водопотребления сельскохозяйственных культур при недостатке почвенной влаги (главным образом, для целей орошаемой мелиорации), косвенно отражены в работах белорусских исследователей [2, 3]. В общем постановочном плане необходимость исследования, оценки и картографического отображения уязвимости почв к засухам затрагивается в ряде зарубежных научно-поисковых разработках, методических указаниях и аналитических обзорах [4–8]. Типизация почв сельскохозяйственных земель по степени их уязвимости к засухам является наиболее востребованной процедурой при принятии решений, касающихся дифференцированного применения мер по предотвращению и смягчению последствий засух.

Методика и объекты исследований

В качестве ключевых характеристик, определяющих степень уязвимости почв к климатическим изменениям, в частности засухам, использованы показатели запасов почвенной влаги. Наличие в сельскохозяйственном производстве Белорусского Полесья широкого спектра почв, различающихся по степени увлажнения и водному режиму, – от автоморфных, временно избыточно увлажненных, до глееватых и глеевых, имеющих иной гранулометрический состав их почвообразующих пород, от рыхлых песчаных до суглинистых и торфяных почв – позволяет типизировать многообразие почв сельскохозяйственных земель региона по степени уязвимости к засухам, поскольку каждая из них отражает агрегированную оценку количества доступной влаги, обусловленной балансом количества осадков, испарения и разных видов водного стока.

В данном исследовании для оценки влагозапасов почв Белорусского Полесья анализировались подекадные результаты запасов продуктивной влаги в слое 0–20 см на наблю-

дательных полевых участках 17 метеостанций Брестской и Гомельской областей за вегетационные периоды (апрель – октябрь) в течение 1989–2018 гг. Проведение работ осуществляется в соответствии с ТКП 17.10-09-2008 (02120) «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорология. Правила организации агрометеорологических наблюдений и работ».

Как известно, на величину влагозапасов оказывает влияние ряд факторов (температура и количество выпадающих осадков, уровни грунтовых вод, гранулометрический состав почв, местоположение участка и др.). В зависимости от этих величин запасы продуктивной влаги в почве могут изменяться от избыточных (запасы влаги выше предельной полевой влагоемкости – ППВ) до полного отсутствия продуктивной влаги (влажности завядания). В соответствии с установленными критериями началом почвенной засухи считались запасы продуктивной влаги ниже влажности разрыва капилляров (ВРК) в слое 0–20 см [9, 10].

Последняя агрогидрологическая константа означала начальную степень повреждения сельскохозяйственных культур из-за засух и служит ключевым индикатором, определяющим степень уязвимости почв к такому климатическому явлению. Так, к наиболее уязвимым к засухам отнесены почвы с показателем ниже ВРК, находящиеся в течение вегетационного периода более 130 дней, 91–130 – сильноуязвимым, 50–90 – среднеуязвимым, менее 50 дней – слабоуязвимым. Полученные дан-

ные были использованы при составлении электронного и бумажного вариантов карты (масштаб 1 : 200 000) степени уязвимости почв сельскохозяйственных земель к засухам Белорусского Полесья, а также при определении соотношения площадей по степени их уязвимости в каждом из 40 административных районах региона. В качестве модельных были составлены аналогичные карты Пинского р-на Брестской обл. и Калинковичского р-на Гомельской обл.

Результаты исследований и их обсуждение

Наблюдаемое с 1989 г. на территории Белорусского Полесья потепление климата характеризуется достаточно устойчивым повышением температуры воздуха. Оно отмечено практически во все месяцы года, но наиболее выражено в зимний (декабрь – февраль), весенний (март – апрель) и летний (июнь – август) сезоны. В целом годовая температура воздуха в регионе за период 1989–2018 гг. увеличилась на 1,3 °С по сравнению с климатической нормой (1961–1990 гг.). Это обусловило снижение степени увлажнения территории Белорусского Полесья, особенно за период активной вегетации с суммами температур выше 10 °С, что подтверждается уменьшением величин гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова, который колеблется от 0,9 до 1,3, а в период засух опускается и до более низких величин [9, 10]. В течение 1989–2018 гг. на территории Белорусского Полесья зарегистрированы аномально ранние устойчивые переходы температуры воздуха через 0 °С весной (в среднем на 8–13 дней раньше многолетних сроков). Переходы температуры через 5 °С и 10 °С весной также происходили раньше многолетних дат (на 7–10 и 2–7 дней соответственно). Увеличились суммы температур воздуха выше 0 °С; 5 °С; 10 °С; 15 °С и продолжительность периодов с пороговыми значениями указанных температур. Во многом это обусловлено возрастанием числа жарких и сухих дней, число которых за период активной вегетации (май – август) в среднем увеличилось на 2,5 дня.

Следует признать, что при характеристиках и оценках засух они рассматриваются чаще всего как атмосферное явление. Что касается

почвенной засухи, то она проявляется более территориально дифференцированно, что обусловлено природной неоднородностью и мозаичностью почвенного покрова, разнообразием его гидрофизических свойств. Последние зависят не только от типа почв, гранулометрического состава, положения в рельефе, но также от их мелиоративного преобразования и направлений, интенсивности хозяйственной деятельности. Наблюдаемое и прогнозируемое потепление климата в регионе вызывает очередную негативную цепную реакцию в почвенном покрове, степень проявления которой будет зависеть в первую очередь от величины имеющихся влагозапасов в каждой слагающей его почвенной разновидности [11].

В данном контексте влажность почв играет роль ключевой переменной в системе классификации засух. С одной стороны, она может рассматриваться как индикатор почвенной засухи, так как она в значительной мере контролирует транспирацию и рост растений. С другой, влажность почвы является показателем метеорологической и гидрологической засух, поскольку она обеспечивает агрегированную оценку количества доступной влаги, обусловленную балансом количества осадков, испарения и разных видов стока. Обобщение данных, полученных на метеостанциях Белорусского Полесья, показало, что во время их проявления заметно увеличивается расход почвенной влаги, что приводит к снижению влагозапасов на 15–33 мм. Учитывая то обстоятельство, что повторяемость почвенных засух заметно растет (таблица), можно ожидать усиление их негативных последствий.

Таблица. Изменение повторяемости лет с почвенными засухами в Белорусском Полесье за вегетационный период (апрель – октябрь), %

Период	Область	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV – X
1951–1980 (до потепления)	Брестская	–	14	55	58	54	45	17	–	82
	Гомельская	6	37	66	57	55	35	8	–	85
1989–2018 (после потепления)	Брестская	20	73	93	87	87	77	30	3	100
	Гомельская	27	77	87	87	93	60	13	3	100
Разность	Брестская	20	59	38	29	33	32	13	3	18
	Гомельская	21	40	21	30	38	25	5	3	15

Из полученных данных следует, что за период 1989–2018 гг. почвенные засухи отмечались в течение вегетационного периода (апрель – октябрь) практически каждый год в обеих областях. Наибольшая повторяемость почвенных засух наблюдается в июне (Брестской – 93 %, Гомельской – 87 %), июле (87 % в обеих областях) и августе (87 % в Брестской и 93 % в Гомельской обл.).

Для определения степени уязвимости различных почв сельскохозяйственных земель региона были обобщены результаты наблюдений за их водным режимом на пунктах наблюдений на метеостанциях. В частности, установлена продолжительность (количество дней) с содержанием влаги в слое почвы меньше влажности разрыва капилляров (ВРК) за 30-летний период (1989–2018 гг.). Дифференциация степени уязвимости почв проводилась по иерархическому принципу исходя из таксономических уровней классификации почвенного покрова в следующем порядке: тип – подтип – род – вид. При этом границы почвенных разновидностей как наименьших естественно-генетически обусловленных таксонов учитывались в пространственном анализе степени уязвимости на уровне административных районов и отдельных хозяйств. На типовом уровне учтены типы минеральных и органогенных (торфяно-болотных) почв [12]. Аллювиальные почвы в силу сложного водного режима, обусловленного паводковыми водами, а следовательно, соответствующим режимом водных объектов, в анализе не участвовали и составили группу слабоуязвимых почв к засухам. Латеральный сток почвенно-грунтовых вод составляет не менее 60 %

объема влаги, приходящей в почвенный профиль. Поэтому положение в рельефе зачастую предопределяет степень гидроморфизма наряду с гранулометрическим составом почв и генезисом почвообразующих пород. Степень увлажненности является главной дифференцирующей характеристикой уязвимости почв к засухе и определяет временные изменения почвенно-гидрологических констант, отражающих качественно-количественные переходы влаги в системе «почва – растение». В частности, наиболее показательная константа – влажность разрыва капилляров в пахотном слое почв – имеет место на протяжении следующих периодов:

в автоморфных, оглеенных внизу и на контакте с подстилающей породой: 87–152 дней в году;

во временно избыточно увлажненных почвах: 86–97 дней;

в глееватых и глеевых почвах: 34–57 дней;

в органогенных гидротехнически мелиорированных: 24–42 дня.

Указанные периоды статистически подтверждаются зафиксированными на метеорологических станциях республики абсолютными значениями содержания влаги в корнеобитаемом слое почв в количестве меньше ВРК и максимальным числом таких дней, а также рассчитанной величиной этого показателя и средним значением предельной полевой влагоемкости.

Внутригрупповая дифференциация числа дней вегетационного периода (апрель – октябрь) с содержанием влаги в пахотном слое почвы меньше ВРК для определения степени уязвимости к засухам проводилась на основе

анализа гранулометрического состава почв по видам с учетом наличия водоупора в подпахотном горизонте оцениваемых таксонов. Наличие водоупора было определено по содержанию физической глины в подпахотном горизонте почвы по отношению к гранулометрическому составу вышележащего горизонта. Кроме того, почвы в каждой группе были изначально распределены в порядке утяжеления гранулометрического состава: от рыхлых песков до легких и средних суглинков. Обратное пропорционально этой последовательности изменяется степень уязвимости почв к засухам. Наличие водоупора в отдельных видах почв варьирует номер группы почв по степени уязвимости на одну единицу: от наиболее уязвимых до сильноуязвимых в оглеенных внизу почвах, от сильноуязвимых до среднеуязвимых во временно избыточно увлажненных почвах, от среднеуязвимых до слабоуязвимых в подтипе глееватых почв. Отсутствие водоупора, напротив, обуславливало принадлежность рассматриваемых видов почв к группе более уязвимых к засухам почв. Так, например, рыхлосупесчаные и связнопесчаные временно избыточно увлажненные почвы, сменяющиеся рыхлыми песками с глубины менее 1,0 м, были отнесены к группе сильноуязвимых к засухам почв, что дополнительно подтверждается зафиксированным максимальным числом дней (170) с влажностью почв в слое 0–20 см меньше ВРК и позволяет их рассматривать в данном аспекте аналогично автоморфным почвам.

На водоудерживающую способность почв, определяющую степень уязвимости их к засухам, существенное влияние оказывает дисперсность почв, которая детерминируется гранулометрическим их составом. Однако для более полного объяснения причин различного содержания влаги в одинаковых по гранулометрическому составу требуются более длительные исследования, направленные на выявление зависимости между содержанием влаги в почвах и их коллоидно-дисперсных тел через установление эффективной удельной поверхности твердой фазы таких почв [13].

В качестве картографической основы для иллюстрации и территориального размещения почв сельскохозяйственных земель с разной степенью уязвимости к засухам была

использована цифровая почвенная карта Белорусского Полесья, охватывающая аграрное землепользование площадью более 2 900,0 тыс. га и расположенное в 40 административных районах.

Из всего компонентного состава почвенного покрова сельскохозяйственных земель Беларуси, представленного 502 почвенными разновидностями, более половины из них расположено в Белорусском Полесье [14]. Подобное разнообразие почв и неоднородность почвенного покрова существенно отразилось на выраженной мозаичности расположения почв региона по степени устойчивости к засухам, что объясняет существенное различие и территориальную дифференциацию почв сельскохозяйственных земель по этому показателю. Так, в Гомельской области из общей площади 1 296,1 тыс. га сельскохозяйственных земель наиболее уязвимые к засухам почвы занимают 168,2 тыс. га (13,0 %), сильноуязвимые 280,0 (21,6 %), среднеуязвимые 366,1 (28,2 %), слабоуязвимые 482,2 (37,2 %), в Брестской области соответственно 67,9 тыс. га (4,9 %); 325,9 (24,0 %); 415,0 (30,6 %); 549,5 (40,5 %).

Одной из важнейших задач исследования являлось определение соотношения площадей почв сельскохозяйственных земель разной степени уязвимости почв к засухам в административных районах Белорусского Полесья с целью ранжирования их по масштабам, интенсивности и вероятности возможного проявления почвенных засух и принятия первоочередных мер, а также предоставления преференций по предотвращению их негативного воздействия. Все 40 административных районов Полесского региона были объединены в три группы с высокой, средней и низкой долей уязвимых к засухам почв (рис. 1).

В первую группу вошли 22 административных района, в которых более 25 % площади сельскохозяйственных земель, сложенных почвами наиболее уязвимыми и сильноуязвимыми к засухам. К этой группе относятся в Брестской области Брестский, Жабинковский, Пружанский, Ляховичский, Ивацевичский, Пинский районы, в Гомельской области – Лельчицкий, Ельский, Наровлянский, Мозырьский, Калинковичский, Речицкий, Лоевский, Добрушский, Гомельский, Буда-Кошелевский, Ветковский, Светлогорский,

Жлобинский, Рогачевский, Кормянский, Чечерский районы. Вторая группа включает 8 административных районов, где в почвенном покрове сельскохозяйственных земель до 40 % их площади занимают почвы, сильноуязвимые к засухам, и менее 10 % – наиболее уязвимые. В указанную группу вошли Каменецкий, Барановичский, Столинский, Житковичский, Петриковский, Хойник-

ский, Брагинский и Глусский районы. В третью группу вошли 10 административных районов, где более 60 % сельскохозяйственных земель составляют средне- и слабоуязвимые к засухам почвы (Малоритский, Кобринский, Дрогичинский, Ивановский, Березовский, Ганцевичский, Лунинецкий, Солигорский, Любанский и Октябрьский районы).

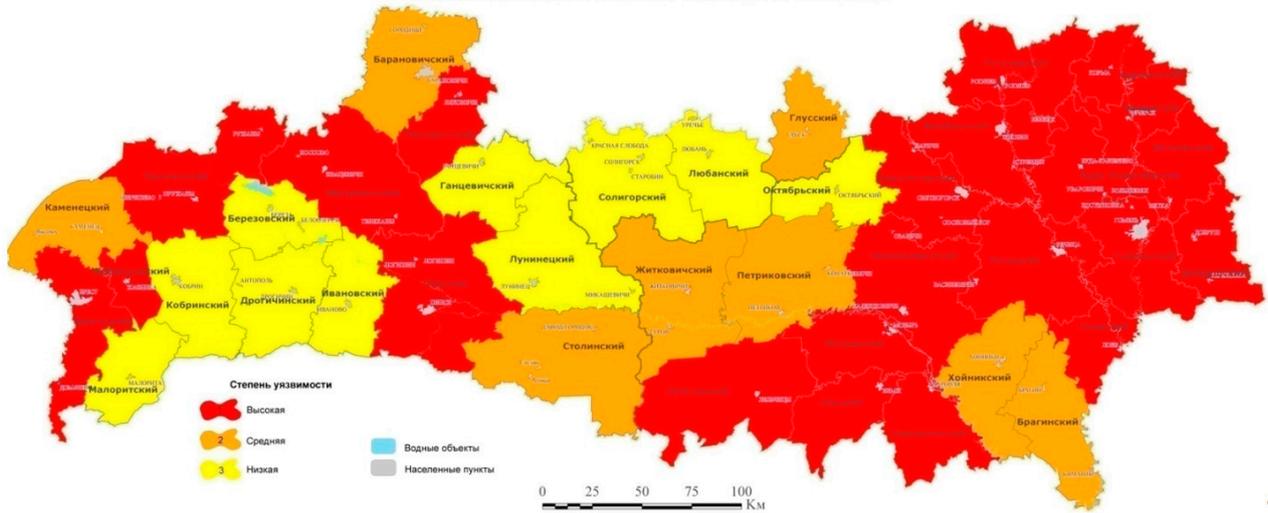


Рис. 1. Карта административных районов Белорусского Полесья по соотношению площадей разной степени уязвимых почв сельскохозяйственных земель к засухам

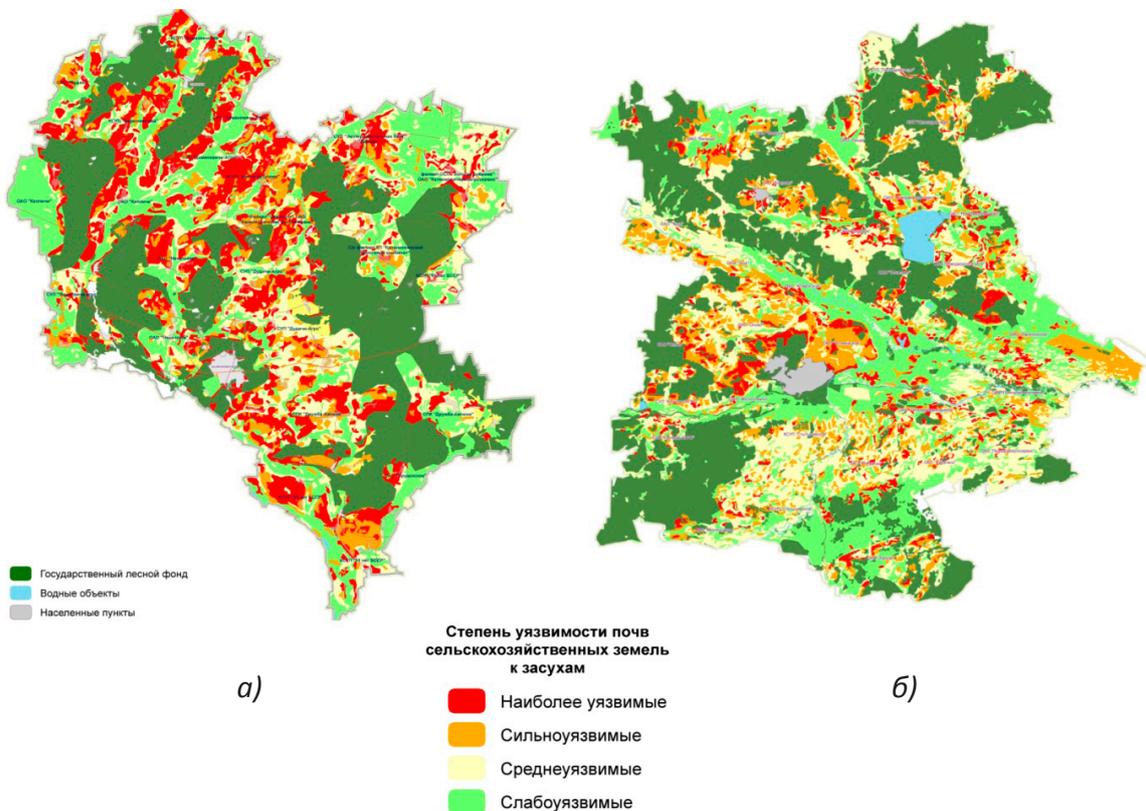


Рис. 2. Карты распределения почв сельскохозяйственных земель по степени уязвимости их к засухам: а) Калинковичский р-н; б) Пинский р-н

Выполненная группировка подтверждает, что в большинстве административных районов Белорусского Полесья сельскохозяйственные земли находятся в зоне значительного риска, обусловленного высокой вероятностью подверженности засухам и засушливым явлениям обрабатываемых почв, что требует разработки программы долгосрочных мероприятий по адаптации и смягчению их негативных последствий.

На основе цифровых карт сельскохозяйственных земель Калининковского р-на Гомельской обл. и Пинского р-на Брестской обл. определены территориальные распространения площадей почв, отличающихся разной степенью их уязвимости к засухам (рис. 2).

Установлено, что из общей площади сельскохозяйственных земель Калининковского административного района 94,0 тыс. га, из которых 23,9 % (25,5 тыс. га) занимают земли с наиболее уязвимыми почвами к засухам, сильноуязвимых 11,1 % (11,8 тыс. га), среднеуязвимых 22,2 % (20,9 тыс. га) и слабоуязвимых 40,6 % (38,1 тыс. га). По указанным показателям различаются землепользования отдельных 15 сельскохозяйственных организаций района. Так, площадь сельскохозяйственных земель с наиболее уязвимыми к засухам почвами составляет 41,7 % от общей площади сельскохозяйственных земель в КСУП «Березнянский»; 33,1 % в ОАО «Неманское»; 31,5 % в ОАО «Родина»; 36,0 % в СУП «Домановичи-Агро»; 30,5 % в СУП «Дудичи-Агро».

Для составления аналогичной карты Пинского р-на Брестской обл., отражающей уязвимость почв к засухам, была использована

цифровая карта почв района, составленная в 2015 г. Отличительной чертой сельскохозяйственного земельного фонда Пинского р-на является наличие в пахотных и улучшенных луговых землях осушенных земель, главным образом, торфяно-болотных почв, разной мощности торфяной залежи. Это существенно отразилось на соотношении площадей почв по степени уязвимости к засухам. Так, из общей площади сельскохозяйственных земель района, составляющих 134,3 тыс. га, 57,5 % занимают слабоуязвимые почвы к засухам, как правило, слагающие сельскохозяйственные земли, которые были подвергнуты осушению в 1960–80-х гг. Их водный режим регулируется благодаря функционированию осушительно-увлажнительных мелиоративных систем. Около 22 % сельскохозяйственных земель площадью свыше 29 тыс. га сложены наиболее уязвимыми и сильноуязвимыми к засухам почвами. Они приурочены к невысоким водораздельным пространствам, где преобладают автоморфные и оглеенные внизу легкие песчаные и реже супесчаные почвы, подстилаемые рыхлыми и связными песками. Высокой степенью уязвимости отмечаются также деградированные торфяно-минеральные почвы, образовавшиеся после интенсивного их использования и сработки торфяного слоя. Промывной водный режим указанных почв объясняется заметным снижением уровня почвенно-грунтовых вод, что привело к разрыву капиллярной каймы на глубине ниже пахотного горизонта, что приводит к быстрому его иссушению во время проявления атмосферных засух.

Заключение

Оценка уязвимости почв сельскохозяйственных земель к засухам является начальным и наиболее важным этапом научного обоснования и практической реализации мер по адаптации к климатическим изменениям и смягчению их последствий.

По количеству дней за вегетационный период (апрель – октябрь) в течение потепления климата (1989–2018 гг.) с показателями влажности почв меньше величины ВРК все почвы сельскохозяйственных земель Белорусского Полесья сгруппированы в 4 типа по степени их

уязвимости к засухам: наиболее уязвимые – более 130 дней; сильноуязвимые – 91–130; среднеуязвимые – 50–90; слабоуязвимые – менее 50 дней.

Почвенный покров, слагающий сельскохозяйственные земли региона, по-разному реагирует на проявление атмосферных засух, однако в его структуре в основном господствуют высокой степени (наиболее, сильно- и средне-) уязвимые почвы, занимающие 1 637,5 тыс. га, или 59,0 % их площади. По их площадному соотношению выделены три группы

административных районов, различающихся масштабами проявления и интенсивного воздействия засух на почвы сельскохозяйственных земель региона.

Полученные результаты исследований использованы в разработке методических рекомендаций по обоснованию и практическому

применению мероприятий, направленных на смягчение последствий засух на почвах Белорусского Полесья при возделывании сельскохозяйственных культур с учетом почвенных факторов адаптации растениеводства и земледелия к изменению климата.

Библиографический список

1. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation : a special report of working group I and II of IPCC / C. B. Field [et. al.]. – New York : Cambridge University Press, 2012. – 582 p.
2. Лихацевич, А. П. Оценка факторов, формирующих неустойчивую влагообеспеченность сельскохозяйственных культур в гумидной зоне / А. П. Лихацевич, Е. А. Стельмах. – Минск : ООО «Белпринт», 2002. – 212 с.
3. Вихров, В. И. Ретроспективные расчеты и пространственно-временная изменчивость сезонных показателей водного режима почв на территории Беларуси / В. И. Вихров. – Горки : БГСХА, 2019. – 176 с.
4. King-Okumu, C. Drought impact and vulnerability assessment : a rapid review of practices and policy recommendations / C. King-Okumu. – Bonn : UNCCD, 2019. – 65 p.
5. Crossman, N. D. Drought resilience, adaptation and management policy (DRAMP) framework : supporting technical guidelines / N. D. Crossman. – Bonn : UNCCD, 2019. – 48 p.
6. Cammalleri, C. A novel soil moisture–based drought index (DSI) combining water deficit magnitude and frequency / C. Cammalleri, F. Micale, J. Vogt // Hydrological processes. – 2015. – Vol. 30(2). – P. 289–301. DOI: <https://doi.org/10.1002/hyp.10578>.
7. Labeledzki, L. Parameterization of drought vulnerability assessment in agriculture / L. Labeledzki // Infrastructure and ecology of rural areas. – 2017. – № 1. – P. 535–544. DOI: <http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2017.2.1.040>.
8. Eitzinger, J. Regional climate change impacts on agricultural crop production in Central and Eastern Europe – hotspots, regional difference and common trends / Eitzinger J. [et. al.] // Journ. of Agricultural Science. – 2012. – № 10. – P. 1–26. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859612000767>.
9. Романова, Т. А. Водный режим почв Беларуси / Т. А. Романова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 144 с.
10. Вериго, С. А. Почвенная влага (применительно к сельскому и лесному хозяйству) / С. А. Вериго, Л. А. Разумова. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. – 328 с.
11. Jaeger, E. B. Impact of soil-moisture-atmosphere coupling on European climate extremes and a regional trends climate model / E. B. Jaeger, S. I. Seneviratne // Climate Dynamics. – 2011. – № 39. – P. 1919–1939. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00382-010-0780-8>.
12. Лапа, В. В. Почвы Республики Беларусь / В. В. Лапа [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – 632 с.
13. Смагин, А. В. К термодинамической теории водоудерживающей способности и дисперсности почв / А. В. Смагин // Почвоведение. – 2018. – № 7. – С. 836–851.
14. Почвенное обследование земель и создание, обновление почвенных карт : ТКП 651-2020 (33520). – Минск : Госкомимущество, 2020. – 67 с.

Поступила 13 мая 2021 г.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОРОШЕНИЯ КОРМОВЫХ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ БЕЛАРУСИ

Г. В. Латушкина¹, кандидат технических наук

В. И. Желязко², доктор сельскохозяйственных наук

В. М. Лукашевич², кандидат сельскохозяйственных наук

¹РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

²УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», г. Горки, Беларусь

Аннотация

На территории Беларуси в последние десятилетия значительно увеличился дефицит водного баланса для овощных и кормовых культур. Поддержание на достаточно высоком уровне плодородия почв и повышение эффективности земледелия в таких условиях требует дополнительного увлажнения. Выполненные экономические расчеты показали, что орошение овощей открытого грунта и кормовых культур (на примере японского проса) в Республике Беларусь является прибыльным мелиоративным мероприятием.

Ключевые слова: дефицит водного баланса, овощные культуры, японское просо, орошение, прибавки урожая, экономический расчет.

Abstract

G. V. Latushkina, V. I. Zhelyazko, V. M. Lukashevich

IRRIGATION EFFICIENCY OF FORAGE AND VEGETABLE CROPS IN THE CONDITIONS OF BELARUS

The deficit of water balance for vegetables and fodder crops has significantly increased on the territory of Belarus in recent decades. Maintaining a sufficiently high level of soil fertility and increasing the efficiency of agriculture in such conditions requires additional moisture. The performed economic calculations showed that irrigation of vegetables in open ground and forage crops (for example, Japanese millet) in the Republic of Belarus is a profitable reclamation measure.

Keywords: water deficit, vegetables, Japanese millet, irrigation, yield increases, economic calculation.

Введение

Почвенно-климатические условия Беларуси довольно благоприятны для выращивания основных видов кормовых и овощных культур. Однако территория Республики Беларусь относится к региону с неустойчивым режимом тепловлагообеспеченности и высокой вероятностью почвенных засух в течение вегетационного периода.

С 1989 г. в Беларуси начался самый продолжительный период потепления за все время инструментальных наблюдений за температурой воздуха. За последние 30 лет среднегодовая температура воздуха превысила в республике климатическую норму, принятую Всемирной метеорологической организацией (ВМО) на 1,3 °С [1]. Поэтому увеличение урожайности овощных культур, улучшение качества продукции в открытом грунте зависят как от общей культуры земледелия, так и от восполнения недостатка влаги в почве.

Методика исследований

Проведенные в РУП «Институт мелиорации» исследования подтвердили, что на тер-

ритории Беларуси в последние годы значительно увеличился дефицит водного баланса

Из-за слабой сосущей силы корневых систем и сравнительно малого объема почвы, в которой они располагаются, недостаток влаги в почве приводит к снижению водопотребления овощных культур и, соответственно, к потерям урожая. Экономические расчеты показывают, что применять орошение при производстве овощной продукции в Беларуси выгодно. В овощных севооборотах, обеспеченных водоисточником и дождевальными техникой, целесообразно также орошение кормовых культур, используемых на зеленый корм. Например, результаты полевых экспериментов по дождеванию японского проса на минеральных почвах северо-восточной зоны Беларуси показали достаточно высокую эффективность применения орошения при возделывании данной кормовой культуры.

для овощных культур [2]. В табл. 1 в качестве примера представлены дефициты водного баланса для трех основных овощных культур, выращиваемых на дерново-подзолистых почвах (песчаных, супесчаных и суглинистых).

Вероятные потери урожая овощных культур из-за недостатка влаги в почве можно оценить, используя зависимость

$$\Delta Y = D/K_B,$$

где ΔY – вероятные потери урожая от недостатка естественной влагообеспеченности, т/га; D – дефицит водного баланса, м³/га; K_B – коэффициент водопотребления орошаемой культуры, м³/т.

Осредненные коэффициенты водопотребления равны: для капусты поздней – 85 м³/т; моркови – 110 м³/т; свеклы столовой – 80 м³/т [3].

На основании коэффициентов водопотребления и данных табл. 1 рассчитаны вероятные потери урожая капусты поздней, моркови и свеклы столовой в разрезе агроклиматических зон Беларуси (табл. 2).

Для определения эффективности орошения овощных культур в современных условиях выполнены экономические расчеты на примере оросительной системы в КСУП «Комбинат Восток» Гомельской обл. В данном хозяйстве орошение овощных культур не прерывалось с 1980-х гг. В 2013–2014 гг. была выполнена реконструкция оросительной системы. Источник финансирования реконструкции – областной

бюджет. Капитальные вложения в данный проект составили 10,38 тыс. долл. США/га (по курсу валют на начало строительства 1 августа 2013 г.).

Участок реконструкции используется в основном под овощной севооборот. Почвенный покров представлен дерново-подзолистыми почвами, по гранулометрическому составу – супеси со средним баллом 34.

Для орошения сельскохозяйственных культур в хозяйстве используется одна передвижная дождевальная машина ПДМ-2500 (мобильность которой позволяет орошать не один, а несколько участков) и две дождевальные машины кругового действия *Reinke* с площадью орошения 58 и 38 га.

Агротехнические приемы в хозяйстве стандартные. При выращивании овощной продукции доза минерального питания была на уровне N₆₀P₉₀K₁₅₀. Специалисты хозяйства ориентируются при поливах на режим орошения овощных культур для южного региона Беларуси (табл. 3), несколько корректируя его в течение вегетационного периода согласно складывающимся погодным условиям.

Для изучения эффективности орошения кормовой культуры японского проса в 2012–2015 гг. проведены исследования на дерново-подзолистых суглинистых почвах северо-восточной зоны Беларуси. В указанный период наблюдались различные условия по тепловлагообеспеченности. Орошение осуществляли дождевальной установкой *Bauer Rainstar T-61*.

Результаты исследований и их обсуждение

Были проанализированы хозяйственные отчетные данные по урожайности и прибавкам от орошения за 2015–2019 гг. по овощным культурам и картофелю в КСУП «Комбинат Восток».

На основании анализа многолетних данных по урожайности орошаемых культур установлено, что овощные культуры, относящиеся к различным ботаническим семействам (капуста белокочанная – семейство капустных, морковь – сельдерейных, свекла столовая – маревых, лук репчатый – луковых, картофель – семейство пасленовых), весьма отзывчивы на орошение. Величина прибавок урожая, полученных от орошения, мало зависела от биологических особенностей культуры и составляла 23,6–30,3 % (табл. 4). Следует отметить, что максимальная прибавка урожая от орошения (165 ц/га) была у капусты белокочанной, что

связано с тем, что в течение 6 месяцев вегетации ее листовой аппарат способен к росту. Минимальную прибавку урожайности обеспечил картофель, поскольку при выращивании этой пропашной культуры испарение в гребнях было выше за счет междурядных обработок культуры.

При расчете экономической эффективности орошения в КСУП «Комбинат Восток» в структуру затрат на орошение вошли данные хозяйства по затратам на уборку дополнительной продукции, заработной платы персонала, затрат на электроэнергию, годовые затраты на проведение полива, постоянные ежегодные затраты на содержание оросительной системы, а также амортизационные отчисления за оросительную систему, находящуюся на балансе сельскохозяйственной организации.

Таблица 1. Среднеголетние дефициты водного баланса, м³/га

Зона	Почвы	Капуста поздняя	Морковь	Свекла столовая
северная	песчаная	1120	950	810
	супесчаная	1050	880	770
	суглинистая	970	800	680
центральная	песчаная	1360	1280	1050
	супесчаная	1280	1200	970
	суглинистая	1210	1130	900
южная	песчаная	1480	1370	1150
	супесчаная	1400	1300	1070
	суглинистая	1330	1220	1000

Таблица 2. Вероятные потери урожая овощных культур от недостатка естественной влагообеспеченности

Зона	Почвы	Потери урожая от недостатка влагообеспеченности, т/га		
		капуста поздняя, т/га	морковь, т/га	свекла столовая, т/га
северная	песчаная	13,2	8,6	10,1
	супесчаная	12,4	8,0	9,6
	суглинистая	11,4	7,3	8,5
центральная	песчаная	16,0	11,6	13,1
	супесчаная	15,1	10,9	12,1
	суглинистая	14,2	10,3	11,2
южная	песчаная	18,4	13,5	15,4
	супесчаная	17,8	12,9	14,7
	суглинистая	15,6	11,1	12,5

Таблица 3. Ориентировочные режимы орошения овощных культур для южной зоны Беларуси [4]

Культура	Оросительный период		Распределение поливов по месяцам, шт./м ³ /га				Оросительная норма, м ³ /га	Минимальный межполивной период, сут.
	начало	окончание	май	июнь	июль	август		
капуста	$\frac{V^*}{3}$	$\frac{VIII^*}{3}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{2}{250}$	$\frac{2}{250}$	$\frac{2}{250}$	1600	8
свекла	$\frac{V}{2}$	$\frac{VIII}{1}$	$\frac{2}{150}$	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{250}$	$\frac{2}{250}$	1300	9
морковь	$\frac{V}{3}$	$\frac{VIII}{1}$	$\frac{1}{150}$	$\frac{2}{250}$	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{250}$	1150	9
лук	$\frac{V}{2}$	$\frac{VII}{2}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{3}{450}$	$\frac{1}{200}$		750	10
картофель	$\frac{VI}{2}$	$\frac{VII}{2}$		$\frac{2}{350}$	$\frac{2}{500}$		850	9

Примечание. *В числителе – месяц, в знаменателе – декада.

Таблица 4. Среднемноголетняя урожайность овощных культур, ц/га

Культура	Урожайность, ц/га		прибавка от орошения	
	без орошения	при орошении	ц/га	%
капуста белокочанная Белорусская 85	559	724	165	29,5
морковь столовая Карлена	390	508	118	30,3
свекла столовая Прыгажуня	476	610	134	28,2
лук репчатый Штуттгартер Ризен	322	412	90	28,0
картофель Здабытак	297	367	70	23,6

Таблица 5. Расчет эффективности орошения овощных культур

Культура	Прибавка урожая, ц/га	Закупочная цена, руб./ц	Стоимость прибавки, руб./га	Затраты на орошение, руб./га		Прибыль, руб./га	Рентабельность, %
				орошение	амортизационные отчисления		
капуста	165	52	8580	689	2158	5733	201
морковь	118	53	6254	611	2158	3485	126
свекла	134	46	6164	611	2158	3395	123
лук	90	72	6480	585	2158	3737	136

Таблица 6. Режимы орошения японского проса в годы исследований

Годы исследований	Дата полива	Поливная норма, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га
2012	11.07	250	500
	02.08	250	
2013	26.06	300	800
	09.08	350	
	22.08	150	
2014	11.07	200	500
	11.08	300	
2015	21.05	300	1500
	11.06	300	
	06.07	300	
	09.08	300	
	01.09	300	

Таблица 7. Экономическая эффективность орошения японского проса

Показатель	Вариант	
	без орошения	с орошением
урожайность, т к. ед/га	5,0	8,6
себестоимость, бел. руб./га	500	610
себестоимость 1 т к. ед. бел. руб.	100	70
чистый доход, бел. руб./га	80	310
рентабельность, %	16,1	49

Как видно из представленного ниже расчета (табл. 5), орошение овощных культур в современных условиях является прибыльным мероприятием. Максимальная прибыль и рентабельность получены при орошении капусты белокочанной, которые составили 5733 руб./га, или 201 % соответственно.

Полевые исследования по изучению эффективности орошения японского проса проводились на опытном оросительном комплексе «Тушково». Почвенный покров участка представлен дерново-подзолистыми легкосуглинистыми почвами. Период исследований охватывал различные годы по тепловлагообеспеченности, оросительные нормы по годам различались от 500 м³/га во влажные годы до 1500 м³/га в засушливый год.

Режимы орошения японского проса за 2012–2015 годы представлены в табл. 6. Поливы назначались при снижении предполив-

ной влажности до уровня 70 % от наименьшей влагоемкости.

При 3-укосном использовании японского проса среднемноголетняя прибавка урожайности от орошения при дозе внесения удобрений N₉₀P₁₁₀K₁₅₀ составила в полевом опыте 3,6 т к. ед/га (42 %). При орошении повышалось содержание сырого протеина в сухой массе японского проса. Так, без орошения величина этого показателя составила 10,8–13,1 %, а при орошении увеличилась до 14,5–15,0 %, что соответствует оптимальной величине для кормовой культуры.

Выполнены экономические расчеты эффективности орошения японского проса. Результаты расчета показателей экономической эффективности выражены в себестоимости продукции с 1 га, себестоимости тонны кормовой единицы, условно чистом доходе и рентабельности (табл. 7).

Выводы

Овощные культуры разных ботанических семейств: капустные (капуста белокочанная), сельдерейные (морковь), маревые (свекла столовая), луковые (лук репчатый), независимо от своих биологических особенностей в условиях супесчаных почв, при орошении повышали урожайность на 23,6–30,3 %. Наиболее высокая прибыль (5733 руб./га) и рентабельность (201 %) получены при орошении капусты белокочанной.

Орошение кормовой культуры японского проса также эффективно, хотя по рентабельности уступает овощным культурам. Следовательно, при проектировании оросительных систем необходимо предусматривать орошение всех культур овощных севооборотов, что позволит обеспечить максимальную эффективность данного агротехнологического приема.

Библиографический список

1. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата [Электронный ресурс] / В. Мельник [и др.]. – Минск-Женева, 2017. – Режим доступа: <https://www.minpriroda.gov.by/uploads/files/Agroklimaticheskoe-zonirovanie-Respubliki-Belarus.pdf>. – Дата доступа: 7.04.2021.
2. Лихацевич, А. П. Оценка роста дефицита водного баланса для овощных культур в условиях Беларуси / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина // Достижения современной науки – сельскохозяйственному производству : материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию образования Новгородского НИИСХ, Великий Новгород, 28–29 мая 2013 г. / Рос. акад. с.-х. наук; ред. М. Ю. Жукова [и др.]. – Великий Новгород, 2013. – С. 122–125.
3. Регулирование водно-воздушного режима почв на осушительно-увлажнительных системах при выращивании сельскохозяйственных культур по интенсивным технологиям : Указания. РД-33. – Введ. 04.12.1987. – Минск : БелНИИ мелиорации и вод. хоз-ва, 1987. – 75 с.
4. Технологическая карта на полив сельскохозяйственных культур мобильными шланговыми дождевальными машинами / А. П. Лихацевич [и др.]. — Минск : РУП «Институт мелиорации», 2017. – 36 с.

Поступила 8 июня 2021 г

СРОКИ УБОРКИ ЧИНЫ МНОГОЛЕТНЕЙ НА СЕМЕНА

А. Л. Бирюкович, кандидат сельскохозяйственных наук

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

В среднем за годы пользования семенным посевом чины многолетней количество стеблей у одного растения на торфяной почве южной зоны Беларуси варьировалось сильнее ($V = 14\%$), чем на минеральной почве центральной зоны ($V = 4,7\%$). Количество семян в стручках и, соответственно, масса семян с одного растения была максимальной при уборке посева с долей бурых стручков 60 % как на торфяной почве южной зоны, так и на минеральной почве центральной зоны. Оптимальным сроком уборки чины многолетней на семена является фаза развития растений, при которой около 60 % бобов верхнего яруса ветвей приобретают бурю окраску. Урожайность семян в этой фазе составила на дерново-глеевой почве в центральной зоне в среднем за 3 года 7,4 ц/га, а на торфяной почве южной зоны 4,5 ц/га. При уборке семян чины в более позднюю фазу (70 % бурых стручков) их урожай снижался из-за осыпания.

Ключевые слова: чина многолетняя, доля бурых стручков, торфяная и дерново-глеевая почва, структура стеблестоя, количество семян на растении.

Abstract

A. L. Biryukovich

TERMS OF HARVESTING THE LATHYRUS SYLVESTRIS L. FOR SEEDS

On average, over the years of use of the *Lathyrus sylvestris* L. seed crop, the number of stems per plant on the peat soil of the southern zone of Belarus varied more ($V = 14\%$) than on the mineral soil of the central zone ($V = 4.7\%$). The number of seeds in the pods and, accordingly, the weight of seeds from one plant was maximum when harvesting crops with a proportion of brown pods of 60 %, both on the peat soil of the southern zone and on the mineral soil of the central zone. The optimal harvest time is *Lathyrus sylvestris* L. on seeds is the phase of plant development, in which about 60 % of the beans of the upper tier of branches acquire a brown color. The seed yield in this phase was 7.4 c/ha on the sod-gley soil in the central zone on average for 3 years, and 4.5 c/ha on the peat soil of the southern zone. When harvesting seeds in the later phase (70 % of brown pods), their yield decreased due to shedding.

Keywords: *Lathyrus sylvestris* L., the proportion of brown pods, peat and sod-gley soil, the structure of the stem, the number of seeds on the plant.

Введение

Многолетние травы лучше однолетних культур адаптированы к торфяным почвам. Стратегия кормопроизводства Беларуси ориентирована на максимальное участие в травостоях многолетних бобовых трав, что исключительно важно для обеспечения животноводства растительным белком и снижения затрат на их выращивание за счет использования биологически фиксированного азота. Для обеспечения кормления скота и птицы по сбалансированным рационам планируется расширить на 10 % посевы многолетних трав (до 1 млн гектаров) с одновременным повышением доли бобовых и бобово-злаковых травостоев до 85 % в их структуре [1]. Для этого требуется площадь трав на пашне довести до 1034 тыс. га, в том числе люцерны и

ее смесей – до 286 тыс. га, лядвенца, эспарцета, галеги – до 210 тыс. га. Около 1,1 млн га осушенных сельскохозяйственных земель Беларуси занимают торфяные почвы, из которых 96 % составляют болотные почвы низинного типа. Они характеризуются высоким содержанием органического вещества и обеспеченностью влагой [2]. С 2013 г. в Беларуси районирован новый вид бобовых, специально созданный для торфяных почв, – чина многолетняя. Она способна обеспечивать устойчивую урожайность на уровне 10–12 т/га сухой массы или 3–5 ц/га семян. Продуктивное долголетие чины может достигать 8–10 лет. Культура характеризуется высоким содержанием сырого протеина, его выход с гектара достигает 3 т [3].

Материалы и методы исследований

На мелиорированных торфяных почвах (ОАО «Парохонское» Пинского р-на Брестской обл.) и на дерново-глеевых почвах (филиал «АзотАгро» КУСП «Новый Двор-Агро» Ивьевского р-на Гродненской обл.) проведены исследования по изучению сроков уборки семенных посевов чины.

Посев 2015 г. Схема опыта: уборка семенников при побурении бобов в верхнем ярусе: 1) 40 %; 2) 60 %; 3) 70 %. Исследования вели на

питомнике сохранения сорта чины многолетней Журавушка. Способ посева широкорядный, с шириной междурядий 70 см. Площадь учетных делянок 0,5 м², повторность 14-кратная. Минеральные удобрения в дозе P₆₀K₁₅₀ вносили весной. Для анализа структуры стеблестоя в фазу цветения второго яруса и в фазу побурения стручков отбирали по 10 растений. Повторность 4-кратная.

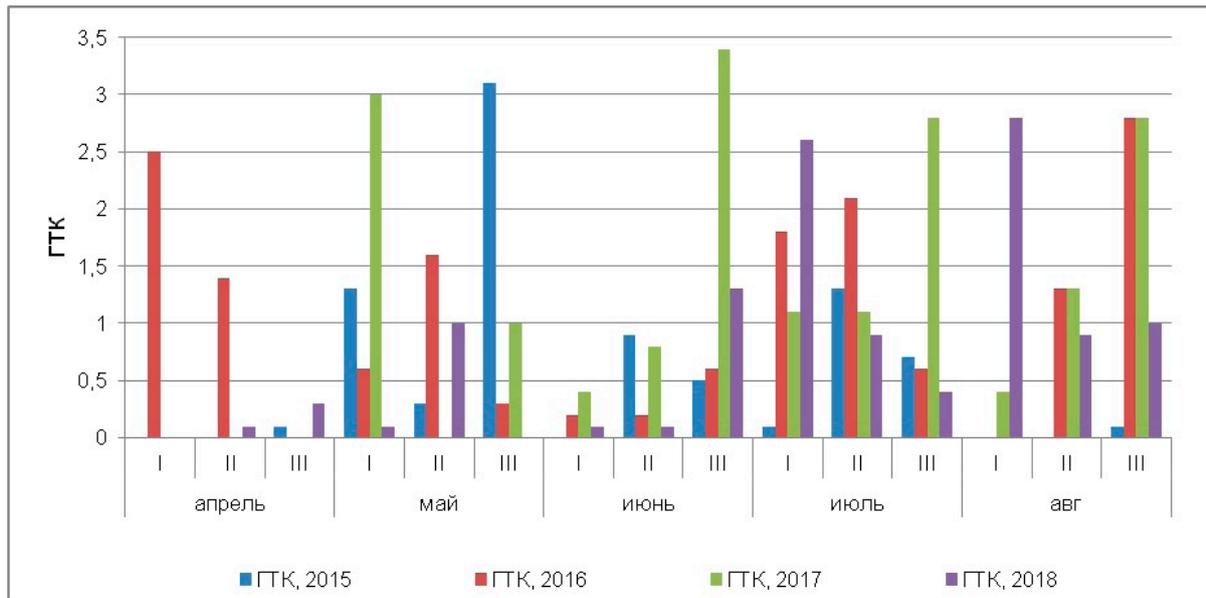


Рис. 1. Гидротермические коэффициенты в 2015–2017 гг., г. Пинск

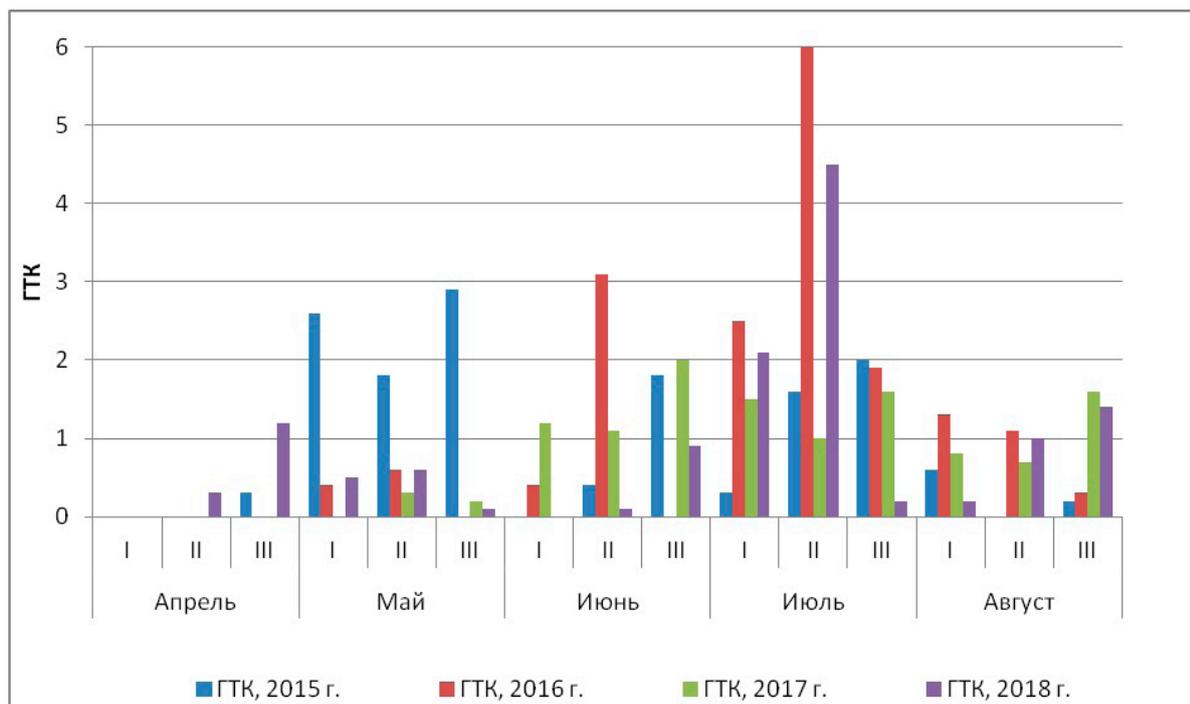


Рис. 2. Гидротермические коэффициенты в 2015–2017 гг., г. Лида

Расчет гидротермического коэффициента (далее – ГТК) Г. Т. Селянинова [4, с. 118] показал, что Пинском р-не в 2015 г. благоприятные для роста трав среднесуточные температуры ($\geq +10$ °С) наступили в III-й декаде апреля. В течение шести декад ГТК были ниже оптимального уровня (при ГТК 1,3–1,6 оптимальный показатель), и в процессе вегетации были засушливые, очень засушливые или сухие периоды (рис. 1). В 2016 г. условия, благоприятные для роста чины, наступили в I-й декаде апреля, а в течение семи декад были ниже оптимума. В 2017 г. весна была холодной и минимальные температуры на поверхности почвы еще во II-й декаде мая составляли – 4,4 °С, что сдерживало линейный рост чины. В целом вегетационный период характеризовался благоприятными условиями, а продолжительность периода с ГТК ниже оптимума составила три декады. Вегетационный период 2018 г. характеризовался продолжительной засухой, и

недостаток влаги отмечался в течение семи декад (II-я декада апреля – II-я декада июня). Недобор осадков за март – июнь составил 127,3 мм, а в мае и июне – 38,3 и 48,80 мм. ГТК с III-й декады мая до III-й декады июня составил 0–0,1, и метеорологические условия года не позволили травостой чины многолетней сформировать семена.

Метеоусловия Ивьевского р-на охарактеризованы по данным ближайшей метеостанции в г. Лиде (рис. 2). В 2015 г. продолжительность периода с недостатком осадков составила шесть декад, в 2016 – семь, в 2017 г. – пять декад. Таким образом, 2017 г. был наиболее благоприятным для многолетних трав. ГТК мая – июня составил 0–0,9, то есть условия для роста трав тоже были острозасушливые. В 2018 г. условия для роста травостоя в период со II-й декады апреля до III-й декады июня были засушливыми и ГТК не превышал 0,9, а во II-й декаде июля выпал 91,1 мм осадков.

Результаты исследований и их обсуждение

В комплексе агротехнических приемов, направленных на получение высоких и устойчивых урожаев семян чины многолетней (лесной), большое значение имеет определение оптимальных сроков уборки. Цветение и созревание семян у чины многоярусное, и за вегетационный период образуются два яруса нарастания зеленой массы. Так, цветение растений нижнего яруса начинается с середины июня до первой или второй декады июля; верхнего яруса – в первой – второй декаде июля и до середины августа – сентября. Однако сроки цветения и созревания зависят от климатических условий вегетационного периода, поэтому очень важно определить, при какой стадии спелости (побурения) бобов верхнего яруса следует начинать уборку. Это необходимо для того, чтобы успеть убрать неосыпавшиеся семена нижнего яруса. В годы с неблагоприятной погодой во время уборки проводят десикацию посевов, используя Реглон, ВР – 3–4 кг/га. Семена получают только с первого укоса. Уборка может быть осуществлена прямым комбайнированием или раздельным способом. Раздельный способ уборки применяют, когда семена верхнего и нижнего яруса созревают неравномерно [3].

Анализ структуры стеблестоя показал, что рост генеративной массы чины на торфяной и минеральной почвах несколько различались. Это связано тем, что в центральной зоне коэффициент увлажнения (отношение количества осадков за теплый период года к величине испаряемости) составил 0,85–0,95, а в южной – 0,75–0,85 [5]. Для сравнительной оценки вариации показателя, а также для характеристики однородности совокупности в разных почвенных условиях был рассчитан коэффициент вариации (V) по формуле

$$V = \frac{\delta}{\bar{X}} \times 100\%,$$

где δ – среднее квадратическое отклонение, \bar{X} – средняя величина показателя.

При коэффициенте $V < 10$ % вариация показателя слабая, $10 < V < 25$ – средняя, $V > 25$ % – сильная [6]. Если значение коэффициента вариации менее 33 %, то совокупность данных является однородной [7].

Анализ структуры посева чины показал, что количество стеблей на торфяной почве в южной зоне изменялось сильнее ($V = 14$ % – средняя), чем на минеральной почве центральной зоны ($V = 4,7$ % – слабая) (табл. 1). Вероятно, это связано с временным переувлажнением и

весенними заморозками в условиях торфяных почв, при которых растения могут погибать. Что касается длины стеблей, то изменение этого показателя было сильнее в условиях минеральной почвы центральной зоны ($V = 11,1\%$ – средняя), чем торфяной южной ($V = 7,2\%$ – слабая), что, вероятно, связано с лучшими условиями освещенности и теплообеспеченности. Количество побегов на одном растении и их средняя длина в обеих зонах были практически одинаковы. Показатели, характеризующие формирование генеративных органов, – число соцветий, образовавшихся на одном растении, и цветков в соцветии – были близки как

по абсолютным величинам, так и по уровню вариации, которая была слабой и на торфяной, и на минеральной почвах. Можно заключить, что в фазу цветения растения чины более устойчивы к изменению условий выращивания. Следует отметить, что хотя число стручков в соцветии при примерно одинаковом количестве у растений, выращенных в различающихся условиях, было близким – 2,7–3,3 шт./соцветие, но V показателя в центральной зоне было выше (18,8%). Это может быть связано с меньшей выровненностью рельефа центральной зоны по сравнению с южной.

Таблица 1. Показатели структуры стеблестоя чины многолетней и коэффициент их вариации в различных почвенно-климатических условиях

Зона, почва	Количество, шт./растение				Средняя длина, см				Количество, шт.					
	стеблей		побегов		стеблей		побегов		соцветий на растении		цветков в соцветии		стручков в соцветии	
	\bar{X}	$V, \%$	\bar{X}	$V, \%$	\bar{X}	$V, \%$	\bar{X}	$V, \%$	\bar{X}	$V, \%$	\bar{X}	$V, \%$	\bar{X}	$V, \%$
южная, торфяная	6,7	14,0	19,0	8,9	127,9	7,2	55,2	5,7	31,2	7,4	4,4	5,7	2,7	7,8
центральная, минеральная	7,0	4,7	20,5	10,4	123,9	11,1	60,8	4,9	35,5	6,5	4,9	0	3,3	18,8

П р и м е ч а н и е. На торфяной почве – среднее за 2016–17 гг., на минеральной – за 2016–18 гг.

Анализ структуры генеративных органов чины многолетней показал, что количество семян в стручках и, соответственно, масса семян с одного растения были максимальными при уборке посева с долей бурых стручков 60% как на торфяной почве южной зоны, так

и на минеральной почве центральной зоны (табл. 2). При доле бурых стручков 70% количество семян в стручке и масса семян с растения снижались, что объясняется их осыпанием в верхнем ярусе.

Таблица 2. Показатели формирования урожая семян чины многолетней при различной степени созревания стручков

Доля бурых стручков, %	Южная зона, торфяная почва		Центральная зона, минеральная почва	
	Количество семян в 1 стручке, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Количество семян в 1 стручке, шт.	Масса семян с 1 растения, г
40	4,4	11,2	5,3	21,4
60	7,3	21,9	7,6	36,2
70	6,5	17,4	5,5	21,9
Средняя (\bar{X})	6,1	16,8	6,1	26,5
$V, \%$	20,1	26,1	17,0	25,9

П р и м е ч а н и е. На торфяной почве – среднее за 2016–17 гг., на минеральной – за 2016–18 гг.

Учет урожайности семян чины показал, что аномально сухая погода, установившаяся в сентябре 2016 г. (второй год жизни), когда за месяц выпало 7,3 мм осадков при норме 51 мм, вызвала повышенное растрескивание бобов и осыпание семян. В результате масса 1000 семян чины многолетней была невысокой – 46 г, а их урожайность составила на торфяной почве 36 г/м², а минеральной – 44 г/м² (рис. 3).

В третьем году жизни (г. ж.) чины (2017 г.) условия вегетационного периода в южной зоне (торфяная почва) не позволили сформировать урожай семян на уровне предыдущего года. Так, влажная пасмурная погода, установившаяся в период массового цветения чины (ГТК III-й декады июля и августа – 2,8), уменьшила активность насекомых-опылителей, что отрицательно повлияло на формирование и количество образовавшихся бобов. Урожайность семян в данных условиях при побурении

40 % бобов в верхнем ярусе составила лишь 10 г/м². При уборке в более поздний срок (при побурении 60 % бобов) урожай формировался за счет бобов нижнего яруса. Семенники чины многолетней, расположенные в центральной зоне (минеральная почва) сформировали более высокую урожайность, так как семяобразование проходило в более благоприятных условиях (ГТК III-й декады июля и августа – 1,6). При уборке в фазе побурения 60 % бобов верхнего яруса на торфяных почвах урожайность семян была в 4,3 раза ниже, чем на минеральных почвах. Это связано с тем, что постоянное подтопление и высокая влагоемкость торфяных почв оказали неблагоприятное воздействие на формирование урожая семян чины многолетней. Еще ниже была урожайность семян при побурении 70 % бобов верхнего яруса, что так же, как и в предыдущем году, было связано с растрескиванием бобов и осыпанием семян.

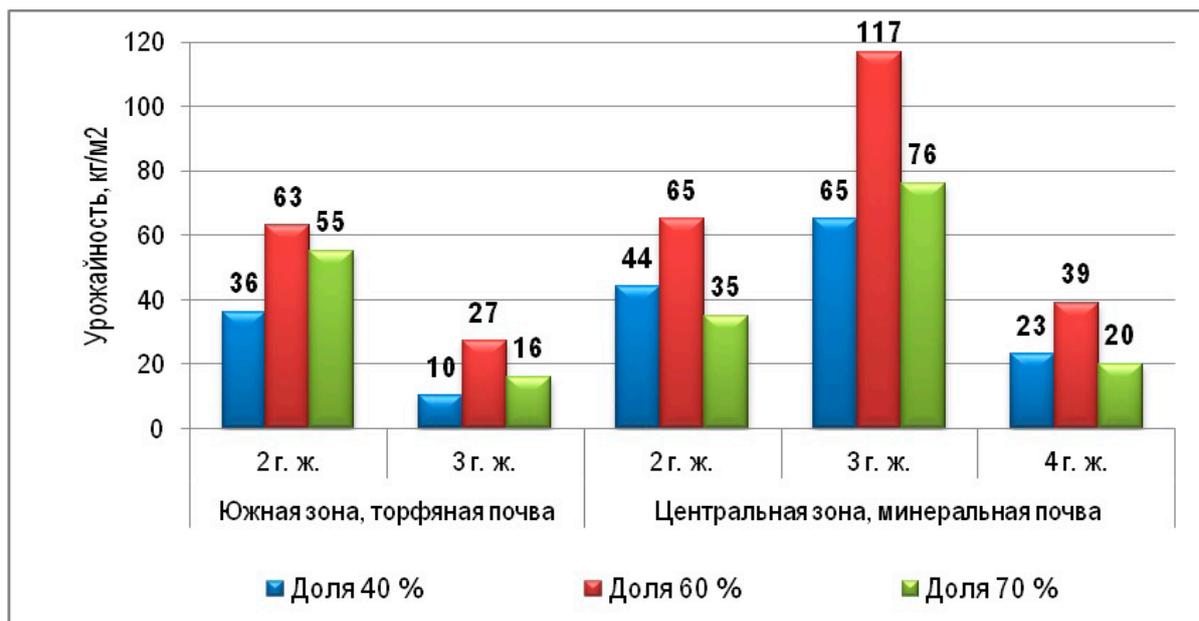


Рис. 3. Урожайность семян чины многолетней при разных сроках уборки по годам жизни, г/м²

Условия 3-го года жизни (2018 г.) на торфяных почвах не позволили травостой чины многолетней сформировать семена из-за избыточного количества осадков в периоды цветения и образования семян. В I-й декаде июля их количество составило 43 мм (74 мм по норме), а в I-й декаде августа – 59 мм (63 мм по норме). На дерново-глеевых почвах центральной зоны при уборке семян в фазу побурения 40 % бобов верхнего яруса урожайность составила 23 г/м²; при побурении 60 % бобов –

39 г/м², а при побурении 70 % бобов верхнего яруса – 20 г/м².

В среднем за годы исследований сроки уборки семенников чины многолетней оказали существенное влияние на ее урожайность.

Так, средняя урожайность семян чины многолетней Журавушка при побурении 40 % бобов верхнего яруса составила 34 г/м², включая сохранившиеся бобы нижнего яруса, общее участие в урожае которых было 55,5 % (рис. 4). При побурении 60 % бобов верхнего яруса

было получено на 22 и 30 г/м² больше семян, чем при побурении 40 % бобов. Несколько ниже урожай семян был при побурении 70 % бобов верхнего яруса, что связано с их осыпаемостью. Следует отметить, что урожайность семян на дерново-глеевой почве центральной

зоны во время уборки при побурении 40 % бобов верхнего яруса была в 1,9 раза выше, чем на торфяной почве южной зоны в 1,6 раза. При уборке в фазу побурения 70 % бобов верхнего яруса эта разница нивелировалась из-за осыпания семян.

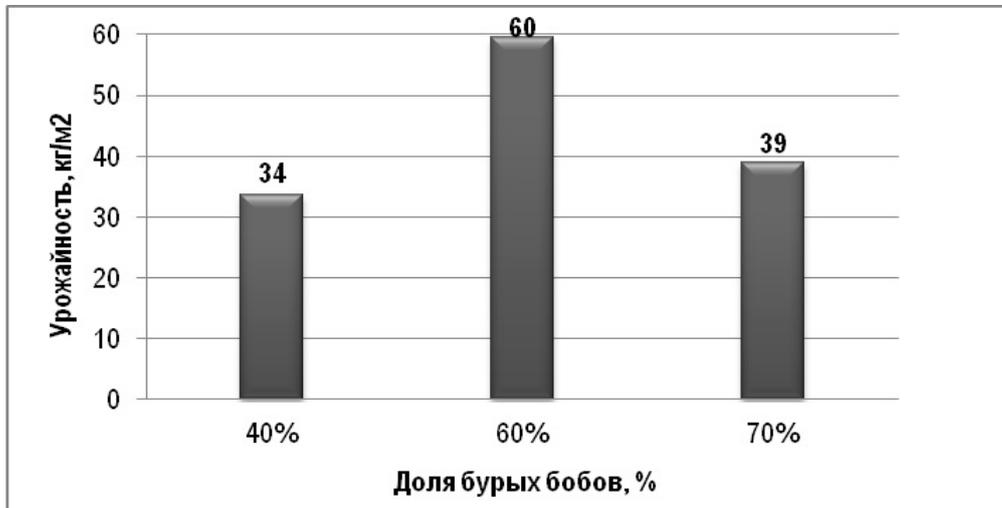


Рис. 4. Средняя урожайность семян чины многолетней при разных сроках уборки, г/м²

Анализ данных экономической эффективности выращивания чины многолетней на семена при различных сроках уборки показал, что самая низкая себестоимость 1 ц семян и высокий чистый доход были получены при уборке семян в фазу побурения 60 % бобов верхнего яруса. Так, при выращивании семян чины в условиях торфяных почв южной зоны себестоимость 1 ц семян

в эту фазу составила 57,9 долл. США, при уровне чистого дохода – 1089,4 долл. США /га (табл. 3). Наиболее экономичным было получение семян чины многолетней на минеральных почвах центральной зоны. При уборке семенных посевов в фазу побурения 60 % бобов верхнего яруса чистый доход с 1 га составил 2415,7 долл. США /га, а себестоимость 1 ц семян – 31,2 долл. США.

Таблица 3. Эффективность возделывания чины многолетней на семена (среднее за 2 года)

Доля бурых стручков, %	Урожайность, ц/га	Стоимость семян, долл. США/га	Затраты, долл. США/га	Чистый доход, долл. США/га	Затраты труда на 1 ц семян чел./час.	Себестоимость 1 ц семян, долл. США
Минеральная почва («АзотАгро» КУСП «Новый Двор-Агро»)						
40	5,4	1620	281,5	1338,5	0,5	52,1
60	9,1	2730	284,3	2415,7	0,4	31,2
70	5,6	1668	281,5	1398,9	0,5	50,3
Торфяная почва (ОАО «Парохонское»)						
40	2,3	690	260,7	429,4	2,10	113,3
60	4,5	1350	260,7	1089,4	1,11	57,9
70	3,5	1050	260,7	789,4	1,40	74,5

Выводы

В среднем за годы пользования семенным посевом чины многолетней количество стеблей у одного растения на торфяной почве южной зоны изменялось сильнее ($V = 14\%$),

чем на минеральной почве центральной зоны ($V = 4,7\%$). Количество семян в стручках и, соответственно, масса семян с одного растения были максимальными при уборке посева с до-

лей бурых стручков 60 % как на торфяной почве южной зоны, так и на минеральной почве центральной зоны.

Оптимальным сроком уборки чины многолетней на семена была фаза развития растений, при которой около 60 % бобов на верхнем ярусе ветвей приобретали бурю окраску.

Урожайность семян в этой фазе составила на дерново-глеевой почве в центральной зоне республики в среднем за 3 года 7,4 ц/га, а на торфяной почве южной зоны 4,5 ц/га. При уборке семян чины в более позднюю фазу (70 % бурых стручков) их урожай снижался из-за осыпания.

Библиографический список

1. Обеспечение конкурентных преимуществ в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] // Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы. – Режим доступа: <https://www.economy.gov.by/uploads/files/Programma-2020.pdf>. – Дата доступа: 05.02.2021.
2. Мееровский, А. С. Торфяные почвы Беларуси – национальная стратегия их охраны и использования / А. С. Мееровский, В. И. Белковский // Мелиорация переувлажненных земель : сб. науч. работ / БелНИИ мелиорации и луговодства. – Минск, 2001. – Т. XLVIII. – С. 83–96.
3. Мееровский, А. С. Перспективы многолетних бобовых трав на торфяных почвах / А. С. Мееровский, Л. Н. Лученок, Е. М. Мишук // Приложение к журналу «Земледелие и защита растений». – 2017. – № 6. – С. 48–50.
4. Шкляр, А. Х. Климатические ресурсы Беларуси и использование их в сельском хозяйстве / А. Х. Шкляр. – Минск : Ураджай, 1970. – 432 с.
5. Клебанович, Н. В. География увлаженности территории Беларуси / Н. В. Клебанович, А. А. Сорокин // Вестн. БГУ. Сер. 2. – 2012. – № 2. – С. 62–65.
6. Показатели вариации в анализе взаимосвязей [Электронный ресурс] // Статистика. Курс лекций. Показатели вариации. – Режим доступа: <https://stat-ist.ru/statistika-kurs-lektsij/pokazateli-variatsii-v-analize-vzaimosvyazej>. – Дата доступа: 03.02.2021.
7. Относительные показатели вариации [Электронный ресурс] // Общая теория статистики. – Режим доступа: <https://www.grandars.ru/student/statistika/pokazateli-variatsii.html#a4>. – Дата доступа 07.04.2021.

Поступила 25 февраля 2021 г.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ БЕЛАРУСИ

Л. В. Володькина, научный сотрудник

*РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»,
г. Жодино, Беларусь*

Аннотация

Представлены результаты исследований по влиянию на урожайность клевера лугового разных сроков сева и норм высева семян, а также доз азотных удобрений, вносимых под покровную культуру, ее нормы высева и сроков уборки. Установлено, что на сохранность растений клевера в течение вегетации в большей степени влияет более ранняя уборка покровной культуры. Увеличение дозы азотных удобрений и нормы высева ячменя также приводит к снижению сохранности клевера. Наибольшая урожайность зеленой массы формируется при весеннем беспокровном сроке сева. При посеве под покровную культуру наибольшую продуктивность обеспечили варианты с максимальной нормой высева клевера и уборки ячменя в молочно-восковую спелость с внесением азотных удобрений N₆₀.

Ключевые слова: клевер луговой, урожайность, срок сева, норма высева, азот, покровная культура.

Abstract

L. V. Volodkina

THE IMPROVEMENT OF CULTIVATION TECHNOLOGY OF RED CLOVER IN THE CONDITIONS OF CENTRAL BELARUS

The article presents the results of research on the impact on the yield of red clover of different sowing dates and seed seeding rates, as well as the doses of nitrogen fertilizers applied under the cover crop, its seeding rates and harvesting times. It was found that the preservation of clover plants during the growing season is more affected by earlier harvesting of the cover crop. An increase in the dose of nitrogen fertilizers and the seeding rate of barley also leads to a decrease in the safety of clover. The highest yield of green mass is formed during the spring non-crop sowing period. When sowing under the cover crop, the highest productivity was provided by options with the maximum rate of sowing clover and harvesting barley in milk-wax ripeness with the introduction of nitrogen fertilizers N₆₀.

Keywords: red clover, the yield, sowing dates, seed seeding, the nitrogen, the cover crop.

Введение

При выращивании многолетних бобовых трав важную роль в формировании продуктивных травостоев играют технологические приемы их возделывания. Сроки подсева трав зависят от их сортовых особенностей и степени развития покровной культуры [1]. Многолетние бобовые травы часто сеют под покровную культуру, что обусловлено их низкой продуктивностью в первый год жизни при беспокровном способе сева. Покровная культура тормозит развитие сорняков, а также замедляет рост и развитие трав, но в этом случае они бывают несколько долговечнее, чем при беспокровном севе [2, 3].

Клевер луговой – одна из немногих бобовых трав, которая способна в год сева произрастать под покровом других культур и при соответствующих условиях формировать на

следующий год урожай семян не меньший, чем при беспокровном высеве. Поэтому такой способ сева клевера представляет практический интерес для более интенсивного использования пашни [4]. Возделывание этой культуры в производстве важно для поддержания и наращивания почвенного плодородия, решения белковой проблемы, производства дешевых кормов, обеспечение максимальной продуктивности и экономической эффективности используемой пашни при наименьших затратах энергетических, трудовых и финансовых ресурсов [5].

В земледелии Беларуси за последнее десятилетие произошли значительные изменения: возрос уровень интенсификации возделывания сельскохозяйственных культур, уменьшились объемы применения органических

удобрений, участились засушливые периоды [6]. В изменяющихся условиях сельскохозяйственные производители не имеют достаточно обоснованных научных рекомендаций по особенностям технологии возделывания клевера в первый и последующие годы жизни,

обеспечивающих высокую сохранность растений. Следовательно, необходима разработка приемов возделывания, способствующих формированию высокой продуктивности покровной культуры при одновременном выживании подсеянного клевера лугового.

Методика и условия проведения исследований

Исследования проводили в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», на дерново-подзолистой связно-супесчаной почве, развивающейся на водно-ледниковой супеси, подстилаемой с глубины 0,5 м моренным суглинком. Содержание гумуса в почве 2,38 %, подвижных форм P_2O_5 – 240 мг/кг, обменного K_2O – 220 мг/кг. Объект исследований – клевер луговой.

Сев проводился семенами раннеспелого тетраплоидного сорта Устойливы в третьей декаде апреля в норме 2,0, 4,0 и 6,0 млн/га всхожих семян на следующий день после посева покровной культуры (ячмень). Норма высева ячменя составляла 3,5 и 5,0 млн/га всхожих семян. Азотные удобрения вносились в предпосевную культивацию перед посевом покровной культуры в дозах 60, 90 и 120 кг/га д. в. Химическая прополка посевов проводилась в фазу первого тройчатого листа клевера лугового гербицидом Базагран М (2,0 л/га). Уборка ячменя на зерносеяж и зерно осуществлялась в фазу молочно-восковой и восковой спелости зерна соответственно. Изучался также вариант с посевом клевера в первую декаду августа после уборки ячменя на зерно. В этом случае проводилась минимальная обработка почвы (дискование стерни) с последующим севом бобовой культуры дисковой сеялкой. Повторность опыта 4-кратная, размещение вариантов систематическое, размер учетной делянки 25 м². Исследования выполнялись в соответствии с методическими рекоменда-

циями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами, статистическая обработка полученных результатов проводилась по Б. А. Доспехову [6, 7].

Метеорологические условия в период проведения исследований значительно отличались от среднемноголетних значений. Погодные условия вегетационного периода 2010 г. были максимально благоприятны для роста и развития клевера лугового. Сумма активных температур с мая по октябрь составила 1930 °С, количество осадков превысило норму на 47 %. Гидротермический коэффициент за май по октябрь составил 2,1. Во время зимовки 2010/2011 гг. опасных явлений для травостоя клевера лугового не было. В 2011 г. погодные условия были благоприятны для появления всходов. Сумма активных температур за период вегетации клевера лугового составила 1800 °С. Гидротермический коэффициент за период с мая по октябрь равнялся 2,0. Количество осадков – на уровне среднемноголетних значений. Погодные условия 2012 г. оказались менее благоприятными относительно 2011 г. При формировании урожая зеленой массы этого года отмечался такой негативный факт, как высокие температуры воздуха при значительном дефиците осадков в июле (в фазе бутонизации). Сумма активных температур за вегетационный период была выше нормы на 11 %. Гидротермический коэффициент за май по октябрь составил 1,6.

Результаты исследований и их обсуждение

Установлено, что выпадение клевера лугового из агрофитоценоза происходило в течение всего периода вегетации растений до уборки покровной культуры, которая оказала непосредственное влияние на ростовые процессы. Так, к моменту уборки высота ячменя составила 55,0–64,5 см в зависимости от варианта.

Наименьшая сохранность растений клевера после уборки покровной культуры отмечена в вариантах с нормой высева ячменя на зерно 5,0 млн/га и внесением дозы азотных удобрений N_{120} . Так, в 2010 г. эта величина составила 50,3 % при норме высева клевера лугового 6,0 млн/га, а в 2011 г. – 45,0 % (2,0 млн/га). Наилуч-

шая сохранность клевера была при применении азотных удобрений в дозе N_{60} и N_{90} перед посевом покровной культуры с нормой высева 3,5 млн/га и уборки ее в фазу молочно-восковой спелости, а также при внесении N_{60} и посеве ячменя с нормой высева 5,0 млн/га с последующей уборкой его на зерносеуж. Значение вышеуказанного показателя в 2010 г. составило при

севе покровной культуры с нормой 3,5 млн/га и внесении азота N_{60-90} – 82,5–85,1 %, а в 2011 г. – 81,6–86,7 %. Если ячмень высевался с нормой 5,0 млн/га всхожих семян, наилучшая сохранность растений была при использовании азота в дозе N_{60} . Этот показатель в 2010 г. составил 79,7–82,7 %, а в 2011 г. – 80,6–88,5 % (табл. 1).

Таблица 1. Сохранность растений клевера лугового в зависимости от нормы его высева и ячменя, доз азотных удобрений и срока уборки покровной культуры, %

Норма высева, срок уборки покровной культуры	Доза азота, кг/га	2010 г.			2011 г.			Среднее за 2 года		
		Норма высева клевера лугового, млн/га								
		2,0	4,0	6,0	2,0	4,0	6,0	2,0	4,0	6,0
3,5 млн/га ячменя, молочно-восковая спелость	N_{60}	82,5	83,7	84,1	86,7	85,5	83,3	84,6	84,6	83,7
	N_{90}	85,1	83,9	82,6	83,4	84,5	81,6	84,3	84,2	82,1
	N_{120}	80,5	79,2	78,7	77,7	75,9	79,6	79,1	77,6	79,2
3,5 млн/га ячменя, на зерно	N_{60}	81,7	80,6	82,7	78,9	75,0	73,7	80,3	77,8	78,2
	N_{90}	77,1	75,1	73,7	67,7	68,0	65,7	72,4	71,6	69,7
	N_{120}	74,0	72,3	70,3	55,2	52,7	48,5	64,6	62,5	59,4
5,0 млн/га ячменя, молочно-восковая спелость	N_{60}	81,7	82,7	79,7	85,7	88,5	80,6	83,7	85,6	80,2
	N_{90}	80,3	76,7	72,8	79,7	81,0	77,8	80,0	78,9	75,3
	N_{120}	76,8	69,3	64,6	69,1	65,2	64,8	73,0	67,3	64,7
5,0 млн/га ячменя, на зерно	N_{60}	76,5	73,7	70,3	67,5	65,2	64,6	72,0	69,5	67,5
	N_{90}	65,9	61,1	56,5	59,4	57,4	53,6	62,7	59,3	55,1
	N_{120}	58,9	54,7	50,3	45,0	45,9	46,7	52,0	50,3	48,5
Среднее		76,8	74,4	72,2	71,3	70,4	68,4	74,1	72,4	70,3

Проведенный корреляционный анализ выявил слабую отрицательную связь нормы высева клевера лугового с его сохранностью после уборки покровной культуры ($r = -0,14$), а также среднее влияние на этот показатель изучаемых доз азотных удобрений ($r = -0,40$) и нормы высева семян покровной культуры ($r = -0,56$). В то же время установлена сильная отрицательная корреляционная связь ($r = -0,68$) между сроком уборки покровной культуры и ее сохранностью.

За два года исследований максимальная высота травостоя клевера лугового была в первом укосе (78,3 см) и во втором укосе (65,1 см) при посеве его в норме 6,0 млн/га

под покров ячменя (3,5 млн/га) и убранный в фазу молочно-восковой спелости зерна. В вариантах с уборкой покровной культуры на зерно в фазу молочно-восковой спелости этот показатель изменялся при норме высева 3,5 млн/га в первый укос 68,8–74,2 см, а во второй укос – 55,9–60,9 см. В случае посева ячменя с нормой 5,0 млн/га высота клевера лугового в первый укос составила 63,0–66,9 см, а во второй укос – 51,5–53,8 см. Травостой, заложенный в августе, после уборки ячменя на зерно, по высоте растений значительно уступали весенним посевам. Высота их при первом укосе достигла 38,4–40,6 см, а во втором – 44,2–45,0 см (табл. 2).

Таблица 2. Высота клевера лугового первого года пользования при первом и втором укосе, см (среднее за 2011–2012 гг.)

Норма высева, срок уборки покровной культуры, способ сева	Дозы азота, кг/га	Норма высева клевера лугового, млн/га					
		1 укос			2 укос		
		2,0	4,0	6,0	2,0	4,0	6,0
Беспокровный посев	N ₀	74,9	73,2	73,1	62,1	60,9	62,9
3,5 млн/га ячменя, молочно-восковая спелость	N ₆₀	74,9	75,7	78,3	62,1	62,4	65,1
	N ₉₀	75,5	74,6	76,5	62,6	61,4	63,4
	N ₁₂₀	74,3	75,7	76,3	61,5	63,4	63,7
3,5 млн/га ячменя, восковая спелость	N ₆₀	71,4	70,0	70,4	58,5	56,7	58,3
	N ₉₀	68,8	71,9	72,5	55,9	58,6	59,3
	N ₁₂₀	73,5	74,2	72,8	60,7	60,9	59,7
5,0 млн/га ячменя, молочно-восковая спелость	N ₆₀	73,4	74,5	72,9	60,6	61,2	59,8
	N ₉₀	72,8	74,7	73,7	60,0	61,5	60,6
	N ₁₂₀	71,5	71,5	73,7	58,7	58,2	60,5
5,0 млн/га ячменя, восковая спелость	N ₆₀	64,3	66,4	65,5	51,5	53,1	52,4
	N ₉₀	64,5	64,8	65,8	52,7	53,1	52,7
	N ₁₂₀	66,6	63,0	66,9	53,8	51,8	53,8
Посев клевера после уборки ячменя на зерно	N ₉₀	38,4	40,4	40,6	44,2	45,0	44,8
Среднее		68,9	69,3	69,9	57,5	57,7	58,4

Таблица 3. Урожайность зеленой массы клевера лугового первого года пользования в зависимости от дозы внесения азотных удобрений, нормы высева покровной культуры и фазы ее уборки, ц/га (среднее за 2011–2012 гг.)

Норма высева, срок уборки покровной культуры, способ сева	Доза азота, кг/га	Норма высева клевера лугового, млн/га								
		1 укос			2 укос			Сумма за 2 укоса		
		2,0	4,0	6,0	2,0	4,0	6,0	2,0	4,0	6,0
Беспокровный посев	N ₀	311	345	355	243	273	269	554	619	624
3,5 млн/га ячменя, молочно-восковая спелость	N ₆₀	290	304	304	234	261	279	524	565	583
	N ₉₀	279	293	285	234	241	263	513	534	548
	N ₁₂₀	285	289	299	204	224	216	489	513	515
3,5 млн/га ячменя, на зерно	N ₆₀	283	291	297	209	227	246	492	518	543
	N ₉₀	268	271	312	195	208	220	462	479	533
	N ₁₂₀	307	318	329	173	181	197	480	499	526
5,0 млн/га ячменя, молочно-восковая спелость	N ₆₀	285	299	316	223	250	268	508	549	584
	N ₉₀	296	317	318	214	240	253	510	557	571
	N ₁₂₀	283	288	299	193	212	218	476	500	517
5,0 млн/га ячменя, на зерно	N ₆₀	284	298	319	201	219	227	485	517	546
	N ₉₀	283	285	308	173	189	194	456	474	502
	N ₁₂₀	259	276	304	152	171	179	411	447	483
Посев клевера после уборки ячменя на зерно	N ₉₀	186	201	222	135	150	154	321	351	376
Среднее		279	291	305	199	218	227	477	509	532
*НСР ₀₅ для частных средних		28,5			20,2			46,5		

Примечание. НСР₀₅ – частные средние (статистическая программа АВ-STAT).

Нормы высева клевера лугового и доз азотных удобрений, вносимые под покровную культуру, не влияли на высоту растений перед скашиванием ($r = 0,02-0,07$). В то же время норма высева ячменя находится в средней обратной корреляционной связи с высотой изучаемой культуры, которая в первом укосе составила $r = -0,57$, а во втором $r = -0,58$. Связь между фазой уборки покровной культуры и высотой клевера лугового в первом и втором укосах была отрицательная и сильная ($r = -0,76$).

Наибольшая урожайность зеленой массы клевера лугового 619 и 624 ц/га в среднем за два года сформировалась при весеннем беспокровном посеве, где эта культура высевалась в норме 4,0 и 6,0 млн/га. Если клевер высевался под покров ячменя, максимальная урожайность зеленой массы была получена при внесении азота в дозе N_{60} и уборке покровной культуры в фазу молочно-восковой спелости. В зависимости от нормы высева клевера лугового этот показатель составил 524–583 ц/га при посеве его под покров ячменя 3,5 млн/га и 508–584 ц/га при густоте покровной культуры 5,0 млн/га (табл. 3).

Наименьшая урожайность зеленой массы клевера лугового была получена при его

летнем беспокровном посеве – после уборки ячменя на зерно. Это связано с тем, что при таком посеве у растений формируются менее мощная корневая система и ослабленная розетка листьев. Наибольшая продуктивность (376 ц/га) в этом случае получена при посеве клевера с нормой высева 6,0 млн/га всхожих семян.

При увеличении нормы высева клевера лугового с 2,0 млн/га до 6,0 млн/га урожайность зеленой массы в среднем по изучаемым факторам возрастала на 55 ц/га (11,5 %). Увеличение дозы азотных удобрений под покровную культуру с N_{60} до N_{120} в первый год жизни привело к снижению урожайности в первый год пользования клевера лугового в среднем по изучаемым нормам высева клевера на 46,5 ц/га (8,7 %). Более поздняя уборка ячменя на зерно снижала продуктивность клевера лугового на 39 ц/га (7,4 %) по сравнению с вариантами после его уборки в молочно-восковую спелость. Корреляционный анализ показал, что урожайность зеленой массы клевера лугового первого года пользования имеет тесную положительную связь с сохранностью ($r = 0,83$) и высотой растений ($r = 0,87$).

Выводы

1. На сохранность растений клевера лугового второго года жизни оказывали влияние сроки уборки покровной культуры ($r = -0,68$) и ее норма высева ($r = -0,56$), а также вносимые дозы азотных удобрений ($r = -0,40$). Норма высева самой бобовой культуры оказывала незначительное влияние на ее сохранность ($r = -0,14$).

2. Высота растений клевера лугового второго года жизни в сильной степени ($r = -0,76$) зависела от срока уборки покровной культуры. Норма высева клевера и доза азота, вносимая под покровную культуру, не влияли на этот показатель ($r = 0,02-0,07$).

3. Наибольшая урожайность зеленой массы клевера лугового – 619–624 ц/га – формируется при его весеннем беспокровном севе с нормой высева 4,0–6,0 млн/га. В вариантах с клевером под покровом ячменя максимальная урожайность зеленой массы составила 583–584 ц/га при норме высева бобового компонента 6,0 млн/га, а покровной культуры – 3,5 и 5,0 млн/га. Азотные удобрения в этом случае вносились под ячмень в дозе N_{60} с последующей его уборкой на зерносежаж в фазу молочно-восковой спелости зерна.

Библиографический список

1. Якимовец, П. В. Сравнительная оценка сроков и способов подсева клевера лугового под озимую рожь / П. В. Якимовец, В. Ч. Шор // Земляробства і ахова раслін. – 2004. – № 3. – С. 11.
2. Акманаев, Э. Д. Продуктивность травяного звена кормового севооборота при покровном и беспокровном посеве озимых и яровых многолетних трав в среднем Предуралье / Э. Д. Акманаев, А. С. Богатырева, С. Л. Елисеев // Перм. аграр. вестн. – 2013. – № 2. – С. 4–12.

3. Каджюлис, Л. Ю. Выращивание многолетних трав на корм / Л. Ю. Каджюлис. – Л. : Колос, 1977. – 247 с.

4. Бутолин, В. Д. Развитие клевера лугового первого года жизни в зависимости от нормы высева и срока уборки покровной культуры / В. Д. Бутолин, Ю. Н. Зубарев, В. П. Иванова // Разработка приемов повышения урожайности и питательной ценности кормовых культур : межвуз. сб. науч. тр. / Пермский СХИ. – Пермь, 1985. – С. 21–30.

5. Чекель, Е. И. Основные приемы возделывания клевера лугового / Е. И. Чекель, П. П. Васько, Л. В. Володькина // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси : сб. науч. материалов / РУП «Науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию». – 3-е изд., доп. и перераб. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – С. 293–306.

6. Шлапунов, В. Н. Полевое кормопроизводство / В. Н. Шлапунов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Ураджай, 1991. – 288 с.

7. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1985. – 351 с.

8. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – М. : Россельхозакадемия, 1997. – 155 с.

Поступила 27 апреля 2021 г.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ РАСТЕНИЙ СИЛЬФИИ ПРОНЗЕННОЛИСТНОЙ

Б. В. Шелюто, доктор сельскохозяйственных наук

Е. В. Костицкая, ведущий агроном – государственный инспектор
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь

Аннотация

Рассматривается фотосинтетическая деятельность растений по фазам развития при внесении азотных удобрений и при последствии сроков скашивания во второй год жизни растений, а также влияние фотосинтетической деятельности растений на урожайность семян. Отмечено положительное влияние повышенных доз азотных удобрений, а также проведение более ранних сроков скашивания на фотосинтетическую деятельность растений. Установлена сильная связь фотосинтетической деятельности с урожайностью семян при внесении азотных удобрений.

Ключевые слова: *сильфия пронзеннолистная, азотные удобрения, сроки скашивания, фазы развития, чистая продуктивность фотосинтеза, фотосинтетический потенциал, урожайность.*

Abstract

B. V. Sheliuta, E. V. Kastitskaya

PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF PLANTS OF SILPHIUM PERFOLIATUM L.

The article considers the photosynthetic activity of plants by the phases of development during the application of nitrogen fertilizers and during the aftereffect of mowing periods in the second year of plant life, as well as the effect of photosynthetic activity of plants on seed yield. The positive effect of increased doses of nitrogen fertilizers, as well as the earlier mowing periods on the photosynthetic activity of plants, is noted. A strong relationship between photosynthetic activity and seed yield during the application of nitrogen fertilizers has been established.

Keywords: *Silphium perfoliatum L., nitrogen fertilizers, mowing time, development phases, net photosynthetic productivity, photosynthetic potential, yield productivity.*

Введение

Сильфия пронзеннолистная – озимая многолетняя культура семейства астровых, которая в первый год жизни формирует лишь розетку из 15–20 листьев [1–3].

Многие исследователи пришли к выводу [2, 4–10], что сильфия является перспективной культурой для возделывания на кормовые цели и имеет большое хозяйственное значение. Обладая мощной корневой системой, культура является влагосберегающей и почвозащитной культурой. Установлено ее преимущество по продуктивности в 1,5–2,0 раза по сравнению с кукурузой, многолетними травами, подсолнечником и другими кормовыми культурами [1, 4, 11–13]. Урожайность зеленой массы может достигать до 1000 ц/га [14, 15]. Отмечается длительность использования зеленой массы сильфии пронзеннолистной до самых заморозков [16, 17]. Ее зеленая масса

пригодна для уборки на зеленый корм, травяную муку, силос [16]. Отличается сильфия пронзеннолистная и высокой урожайностью семян. Так, урожайность семян может достигать как 0,4 т/га [18, 19], так и 1,7 т/га [20].

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур наблюдается, если обеспечиваются следующие условия: 1) быстрое развитие и достижение оптимальной площади листьев; 2) повышение продуктивности фотосинтеза; 3) сохранение листьев в активном состоянии более длительный период времени; 4) эффективное использование продуктов фотосинтеза для усиленного роста хозяйственно-ценных органов растения и накопление в них возможно большего количества органического вещества [21]. Таким образом, фотосинтетическая деятельность растений – важный фактор урожайности, однако в литературе от-

сутствуют данные о фотосинтетической деятельности растений сильфии пронзеннолистной. Поэтому цель наших исследований – изучение

Материалы и методы исследования

Опыты по изучению фотосинтетической деятельности сильфии пронзеннолистной заложены в мае 2015 г. на опытном участке «Тушково» Горецкого р-на. Посев проводили стратифицированными семенами по норме высева 70 тыс. раст./га. Предшественник – яровая пшеница.

Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на легком суглинке, подстилаемом мореным суглинком на глубине около 1 м, является типичной для северо-восточного региона Беларуси и пригодной для возделывания многолетних трав.

Схемы опытов

Опыт 1. Влияние срока скашивания, второго года жизни растений на урожайность семян.

1. 20 августа
2. 30 августа
3. 10 сентября
4. 20 октября

В данном опыте мы изучали влияние последствий сроков скашивания зеленой массы, согласно схеме опыта, проведенных во второй год жизни культуры, на урожайность семян в последующие. Варианты опыта закладывались в 4-кратной повторности, учетная площадь каждой делянки составляла 10 м².

Опыт 2. Продуктивность сильфии пронзеннолистной в зависимости от уровня азотного питания.

1. P₆₀K₉₀ – (фон)
2. P₆₀K₉₀ (фон) + N₃₀
3. Фон + N₆₀
4. Фон + N₉₀
5. Фон + N₁₂₀

Варианты опыта закладывались в 4-кратной повторности с площадью учетной делянки 25 м². Удобрения вносили в начале вегетации растений. Азотные удобрения в дозах 90 кг/га и 120 кг/га действующего вещества вносились дроб-

фотосинтетической деятельности растений в зависимости от доз внесения азотных удобрений и сроков осеннего скашивания.

но, согласно схеме опыта, в период отрастания (30–60 кг/га) и в фазу стеблевания (30–60 кг/га). Азотные удобрения были представлены карбамидом (NH₂)₂CO, фосфорные – простым суперфосфатом (CaH₂PO₄)₂ · H₂O + 2CaSO₄ · 2H₂O, калийные – хлористым калием KCl.

Уборку проводили для получения семян в фазу созревания (сентябрь – октябрь) со второго года жизни растений (2016). Для опыта по последствию сроков скашивания во второй год жизни растений уборку семян проводили с третьего года жизни культуры (2017).

Расчет чистой продуктивности фотосинтеза (далее – ЧПФ) проводили по формуле [22]:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{\frac{1}{2}(L_1 + L_2) \times n},$$

где B_1 и B_2 – сухая биомасса растений в начале и в конце учетного периода;

$B_2 - B_1$ – прирост сухой массы за n дней, г;

L_1 и L_2 – площади листьев в начале и в конце периода, м²;

$1/2 \cdot (L_1 + L_2)$ – средняя рабочая площадь листьев за время опыта;

n – число дней в учетном периоде.

Фотосинтетический потенциал (ФП, м²·сут./га) рассчитывали как произведение полусуммы площади листьев за каждые два смежных определения на длительность периода между этими определениями в днях [23].

Учеты ЧПФ и ФП проводили ежегодно, начиная со второго года жизни растений сильфии пронзеннолистной (2016), за исключением опыта по срокам скашивания во второй год жизни растений; для него учеты проводились с третьего года жизни растений (2017).

Расчеты проводили по фазам стеблевания – бутонизации, бутонизации – цветения, цветения – созревания.

способности растений (табл. 1). На второй год жизни растений ЧПФ возрастала от фазы стеблевания до фазы цветения – от 4,1 (фон) до

Результаты исследований

По нашим исследованиям установлено, что внесение азотных удобрений способствовало увеличению ассимиляционной спо-

18,4 г/м²·сут. (фон + N₁₂₀). В 2017 г. ЧПФ значительно возрастает по сравнению с прошлым годом: от 14,8 г/м²·сут. в фазу стеблевания до 33,5 г/м²·сут. к фазе цветения. В 2018–2019 гг. ЧПФ от фазы стеблевания до фазы цветения составляла от 3,4 (фон) до 16,4 г/м²·сут. (фон + N₁₂₀) в 2018 г. и от 3,0 (фон) до 11,1 г/м²·сут. (фон + N₁₂₀) в 2019 г. По расчетным данным прослеживается значительный рост ЧПФ в 2017 г. по сравнению с 2016 г.: в три раза, а в последующие годы исследований ассимиляция листового аппарата отличается незначительно.

Фотосинтетический потенциал возрастал от фазы стеблевания до фазы бутонизации, а в период цветения – начала созревания резко снижался вне зависимости от дозы внесения азотных удобрений (табл. 2).

В период стеблевания – бутонизации в 2016 г. проводили снятие данных через каждые 10 дней; к концу фазы ФП составил от 300,0 (фон) до 349,8 тыс. м²·сут./га (фон + N₁₂₀). Наибольшая фотосинтетическая активность наблюдается в фазу бутонизации; на конец фазы ФП составлял от 470,8 (фон) до 514,7 тыс. м²·сут./га (Фон + N₁₂₀). К фазе созревания ФП снизился до 101,0 тыс. м²·сут./га на безазотистом фоне, а при внесении повышенной дозы удобрений до 106,6 тыс. м²·сут./га. В 2017 г. период стеблевания – бутонизации составил 24 дня, к его концу ФП возрастал при увеличении внесения доз азотных удобрений от 379,6 до 478,2 тыс. м²·сут./га. В короткий период фазы бутонизации –

цветения ФП составил 791,4 тыс. м²·сут./га для безазотистого фона и 842,4 тыс. м²·сут./га при внесении максимально изученной дозы азотных удобрений (N₁₂₀). К концу началу фазы созревания ФП снижался до 100,0 тыс. м²·сут./га на безазотистом фоне и до 106,6 тыс. м²·сут./га при внесении повышенной дозы азотных удобрений. В 2018 г. фаза стеблевания – бутонизации длилась 31 день. При снятии показателей к концу фазы стеблевания ФП составил от 332,5 (фон) до 373,4 тыс. м²·сут./га (фон + N₁₂₀), а в фазу бутонизации уже достигал 712,6 тыс. м²·сут./га при внесении повышенной дозы азотных удобрений (N₁₂₀). На безазотистом фоне показатель фотосинтетической активности составил 657,1 тыс. м²·сут./га. В период фазы цветения – созревания ФП снижался до 100,3 тыс. м²·сут./га на безазотистом фоне, а для варианта повышенной дозы внесения азотных удобрений до 103,6 тыс. м²·сут./га. В 2019-м, последнем изученном году жизни растений, в фазу стеблевания – бутонизации ФП возрастал по мере увеличения внесения доз азотных удобрений от 468,3 (фон) до 537,5 тыс. м²·сут./га (фон + N₁₂₀), о чем свидетельствуют данные, снятые в конце фазы стеблевания. В 33-дневный период фазы бутонизации – цветения ФП в конце фазы составил от 538,1 (фон) до 590,6 тыс. м²·сут./га (фон + N₁₂₀). К началу фазы созревания ФП значительно снизился и составлял для вариантов от 142,4 (фон) до 156,2 тыс. м²·сут./га (фон + N₁₂₀).

Таблица 1. Показатели чистой продуктивности фотосинтеза по фазам вегетации в зависимости от нормы внесения азотных удобрений, г/м²·сут

Вариант	Стеблевание – бутонизация				Бутонизация – цветение				Цветение – созревание				Среднее	
	Годы исследований													
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019		2016–2019
P ₆₀ K ₉₀ – фон	4,1	14,8	3,4	3,0	7,7	23,3	7,4	5,8	15,4	28,4	8,2	6,0	10,6	
Фон + N ₃₀	4,6	16,9	4,0	3,2	8,4	25,1	10,2	7,9	16,1	29,1	11,2	8,3	12,1	
Фон + N ₆₀	5,0	17,5	4,8	3,9	8,9	28,2	12,6	8,4	16,9	30,3	14,0	9,1	13,3	
Фон + N ₉₀	5,1	19,1	5,2	4,0	9,0	28,8	13,1	9,6	17,6	32,9	16,4	10,8	14,3	
Фон + N ₁₂₀	5,4	20,3	5,4	4,2	9,6	29,5	13,4	10,1	18,4	33,5	17,0	11,1	14,8	

Таблица 2. Показатели фотосинтетического потенциала по фазам вегетации в зависимости от нормы внесения азотных удобрений, тыс. м² · сут./га

Вариант	Стеблевание – бутонизация				Бутонизация – цветение				Цветение – созревание			
	Годы исследований											
	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
P ₆₀ K ₉₀ – фон	300,0	379,6	332,5	468,3	470,8	791,4	657,1	538,1	101,0	100,0	100,3	142,4
Фон + N ₃₀	316,1	388,0	344,9	479,6	491,4	798,2	671,6	556,1	101,9	100,6	100,8	146,3
Фон + N ₆₀	332,5	402,5	364,8	500,1	512,5	815,2	696,0	569,3	102,2	101,3	101,9	146,8
Фон + N ₉₀	346,4	468,8	372,5	520,9	514,5	834,7	704,6	575,8	103,2	103,1	102,1	154,4
Фон + N ₁₂₀	349,8	478,2	373,4	537,5	514,7	842,4	712,6	590,6	106,6	104,9	103,6	156,2

Сроки скашивания зеленой массы растений сельфии пронзеннолистной на второй год жизни оказывали влияние на фотосинтетическую деятельность растений в последующие годы. Наименьшей ассимиляционной способностью характеризовался вариант предпоследнего срока скашивания (табл. 3). В 2017 г., как и в остальных изучаемых опытах исследований, ЧФП была наивысшей по сравнению с остальными годами: от 11,4 (10 сентября) до 16,1 г/м² · сут. (20 августа). На четвертый год жизни растений (2018) ассимиляционная деятельность растений возрастала от фазы стеблевания к фазе цветения от 11,0 (10 сентября) до 18,0 г/м² · сут. (20 августа). К пятому году жизни (2019) ассимиляционная деятельность листового аппарата снизилась ввиду погодных условий (от 3,8 до 10,2 г/м² · сут.).

ФП растений достигал своего предела в период бутонизации – цветения во все годы исследований (табл. 4). Если в фазу стеблевания наименьший показатель был в вариантах последнего и раннего сроков скашивания, то к фазам бутонизации – цветения негативный срок скашивания (10 сентября) проявлялся и в наименьшем показателе ФП. В 2017 г. период стеблевания – бутонизации длился 24 дня, к концу фазы ФП составил от 402,5 (20 октября) до 422,3 тыс. м² · сут./га (30 августа). Период бутонизации – цветения занял 17 дней, показатель ФП составлял от 503,8 (20 августа) до 514,8 тыс. м² · сут./га (20 октября). К концу периода цветения ФП снизился до 114,2 тыс. м² · сут./га (10 сентября), наибольший ФП наблюдался в последний срок скашивания –

125,4 тыс. м² · сут./га. На четвертый год жизни растений период стеблевания – бутонизации длился 31 день, ФП измеряли трижды с промежутком 10–11 дней. К началу фазы бутонизации ФП составил для вариантов от 338,4 (30 августа) до 340,6 тыс. м² · сут./га (10 сентября). Предел фотосинтетической активности наблюдался в период бутонизации – цветения (25 дней). К концу периода ФП составлял от 520,8 (10 сентября) до 542,9 тыс. м² · сут./га (20 октября). К концу фазы цветения ФП снизился до 100,1 тыс. м² · сут./га для вариантов сроков скашивания 10 сентября и 30 августа; наибольшая фотосинтетическая активность наблюдалась при последнем сроке скашивания – 106,8 тыс. м² · сут./га. В 2019 г. (пятый год жизни растений) период бутонизации – цветения продолжался 29 дней; измерение ФП проводили в среднем через 14–15 дней. К концу фазы ФП составлял от 343,7 (10 сентября) до 344,4 тыс. м² · сут./га (20 августа и 20 октября). В период бутонизации – цветения измерения проводились дважды через 11–12 дней. К концу фазы ФП составил от 654,4 (10 сентября) до 675,6 тыс. м² · сут./га (20 октября). В конце фазы цветения ФП снизился до 137,9 тыс. м² · сут./га (10 сентября), при других сроках скашивания ФП практически был на одном уровне: 146,4–147,5 тыс. м² · сут./га.

Фотосинтетическая деятельность растений в зависимости от сроков проведения скашивания показывает отрицательное влияние на фотосинтез предпоследнего срока скашивания.

Таблица 3. Показатели чистой продуктивности фотосинтеза в зависимости от сроков проведения скашивания растений во второй год жизни растений силфвии пронзеннолистной, г/м² · сут.

Вариант	Стеблевание – бутонизация			Бутонизация – цветение			Цветение – созревание			Среднее
	Годы исследований									
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019	
20.08	16,1	6,1	4,2	22,1	17,5	10,0	26,2	18,0	10,2	14,5
30.08	14,9	5,3	4,0	21,8	17,3	9,4	24,0	17,7	9,9	13,8
10.09	11,4	4,7	3,8	19,7	11,0	7,8	21,0	15,1	8,2	11,4
20.10	13,0	5,5	4,0	21,2	14,4	9,8	23,7	11,7	10,1	12,6

Таблица 4. Показатели фотосинтетического потенциала по фазам вегетации в зависимости от сроков проведения скашивания во второй год жизни растений, тыс. м² · сут./га

Вариант	Стеблевание – бутонизация			Бутонизация – цветение			Цветение – созревание		
	Годы исследований								
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
20.08	414,0	338,7	344,4	503,8	536,5	666,9	117,7	100,4	146,4
30.08	422,3	338,4	344,0	514,2	535,2	674,4	120,3	100,1	147,5
10.09	406,0	340,6	343,7	504,4	520,8	654,4	114,2	100,1	137,9
20.10	402,5	338,8	344,4	514,8	542,9	675,6	125,4	106,8	147,5

Внесение азотных удобрений способствовало повышению фотосинтетической активности растений, и в соответствии с этим повышались как структурные признаки урожайности, так и сама урожайность семян. При проведе-

нии корреляционного анализа установлена сильная взаимосвязь урожайности семян с фотосинтетическими параметрами: коэффициент корреляции был не ниже 0,9 у всех фотосинтетических параметров (табл. 5).

Таблица 5. Коррелятивность фотосинтетических параметров растений при внесении азотных удобрений

№ п/п	Показатель	Варианты				
		1	2	3	4	5
1	количество корзинок	–	–	–	–	–
2	число семян в корзинке	0,96	–	–	–	–
3	масса 100 семян	0,98	0,97	–	–	–
4	урожайность семян	0,99	0,98	0,98	–	–
5	ЧПФ	0,99	0,96	0,98	0,98	–
6	ФП	0,98	0,92	0,97	0,98	0,96

При проведении корреляционного анализа на наличие взаимосвязи между фотосинтетической деятельностью растений и урожайностью семян в опыте по изучению последствий сроков скашивания во второй год

жизни растений (табл. 6) установлена сильная связь ($r = 0,91-0,99$) урожайности семян с ее составляющими (количество корзинок, число семян в корзинке и массы 1000 семян).

Таблица 6. Коррелятивность фотосинтетических параметров при последствии сроков скашивания во второй год жизни растений

№ п/п	Показатель	Варианты				
		1	2	3	4	5
1	количество корзинок	–	–	–	–	–
2	число семян в корзинке	–0,10	–	–	–	–
3	масса 100 семян	0,92	0,10	–	–	–
4	урожайность семян	0,91	0,95	0,99	–	–
5	ЧПФ	0,99	–0,16	0,94	0,92	–
6	ФП	0,12	0,95	0,38	0,43	0,08

Выводы

1. Азотные удобрения оказывали положительное влияние на работу фотосинтетического аппарата.

Фотосинтетическая деятельность оказалась выше при внесении повышенной дозы удобрений – N_{120} (ЧПФ в среднем $14,8 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут.}$ и ФП не менее $349,8 \text{ тыс. м}^2 \cdot \text{сут./га}$ в период стеблевания – бутонизации и не менее $103,6 \text{ тыс. м}^2 \cdot \text{сут./га}$ к началу фазы созревания).

2. Установлено отрицательное влияние на фотосинтез предпоследнего срока скашивания растений – 10 сентября, причем начиная с фазы бутонизации в период активного роста растений. В среднем за 2017–2019 гг. ЧПФ состави-

ла для варианта в среднем – $10,9 \text{ г/м}^2 \cdot \text{сут.}$, ФП не более $654,4 \text{ тыс. м}^2 \cdot \text{сут./га}$ в активный период бутонизации – цветения.

3. Внесение азотных удобрений оказало значительное влияние на все фотосинтетические параметры; связь была сильной, не ниже 0,9. Последствие сроков скашивания во второй год жизни растений сильфии пронзеннолистной на урожайность семян способствовало формированию сильной связи ЧПФ с количеством корзинок, массой 1000 и урожайностью семян ($r = 0,92–0,99$), а ФП, в свою очередь, сформировал сильную связь с числом семян в корзинке ($r = 0,95$).

Библиографический список

1. Ткаченко, Ф. М. Силосные культуры / Ф. М. Ткаченко, А. П. Синицына. – М. : Колос, 1974. – 287 с.
2. Медведев, П. Ф. Малораспространенные кормовые культуры / П. Ф. Медведев. – Л. : Колос, 1970. – 160 с.
3. Мадебейкин, И. Н. Сильфия пронзеннолистная / И. Н. Мадебейкин, И. И. Мадебейкин // Пчеловодство. – 2016. – № 2. – С. 27.
4. Абрамов, А. А. Сильфия пронзеннолистная в кормопроизводстве: АН Украины. Центральный ботанический сад имени Н. Н. Гришко / А. А. Абрамов. – Киев : Наук. думка, 1992. – 155 с.
5. Асемкулова, Г. Б. Влияние приемов возделывания на урожайность нетрадиционных кормовых культур в условиях юго-востока Казахстана / Г. Б. Асемкулова // Кормопроизводство. – 2011. – № 11. – С. 37–39.
6. Гладкова, Л. И. Использование новых видов растений в кормопроизводстве / Л. И. Гладкова. – М. : ВНИИТЭИагропром, 1987. – 47 с.
7. Головатенко, М. И. Испытание кормовых растений, перспективных для зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края / М. И. Головатенко // Технология и экономика овцеводства : сб. науч. тр. / ВНИИОК. – Ставрополь, 1994. – С. 103–125.
8. Данилов, К. П. Сильфия пронзеннолистная / К. П. Данилов // Кормопроизводство. – 1992. – № 4. – С. 19–20.

9. Косторной, В. Ф. Дополнительные резервы / В. Ф. Косторной // Кормовые культуры. – 1989. – № 2. – С. 31–34.
10. Утеуш, Ю. А. Новые перспективные кормовые культуры / Ю. А. Утеуш. – Киев : Наук. думка, 1991. – 192 с.
11. Вавилов, П. П. Новые кормовые культуры / П. П. Вавилов, А. А. Кондратьев. – М. : Россельхозиздат, 1975. – 351 с.
12. Маргиева, Ф. Т. Результаты интродукции сальфии пронзеннолистной как кормовой культуры в Северную Осетию : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.32 / Ф. Т. Маргиева; ФГОУ ВПО ГГАУ. – Владикавказ, 2006. – 12 с.
13. Малораспространенные силосные культуры / К. А. Моисеев [и др.]. – Л. : Колос, 1979. – 328 с.
14. Садовникова, Е. Ф. Влияние условий внешней среды на технологию искусственного выведения пчелиных маток в условиях КСУП «Брестский пчелопитомник» / Е. Ф. Садовникова, М. А. Пастухова // Уч. зап. УО «Витебская ордена “Знак Почета” государственная академия ветеринарной медицины». – Витебск, 2013. – Т. 49, вып. 2, ч. 1. – С. 318–322.
15. Цугкиева, В. Б. Научное обоснование и практическое использование методов интенсификации кормопроизводства и повышения качества производимых кормов в условиях РСО-Алания : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.02.02 / В. Б. Цугкиева; Гор. гос. аграр. ун-т. – Владикавказ, 2008. – 40 с.
16. Емелин, В. А. Сальфия пронзеннолистная: хозяйственная ценность, биология и технология возделывания / В. А. Емелин. – Витебск : ВГАВМ, 2011. – 36 с.
17. Шкодина, Е. П. Сравнительная оценка качества зеленой массы традиционных и новых кормовых культур Новгородской области / Е. П. Шкодина // Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Вологда, 28 февр. 2019 г. / ФГБУН ВолНЦ ; редкол.: К. А. Задумкин [и др.]. – Вологда, 2019. – С. 307–312.
18. Идельбаев, Р. Р. Использование сальфии пронзеннолистной в качестве предшественника и сидерата для зерновых культур / Р. Р. Идельбаев, Н. П. Терещенко, В. В. Христинич // Молодой ученый. – 2015. – № 3. – С. 369–371.
19. Чупина, М. П. Урожайность и качество семян сальфии пронзеннолистной при разных сроках посадки рассады / М. П. Чупина // Кормопроизводство. – 2019. – № 4. – С. 38–41.
20. Тодорова, Л. В. Сальфия пронзеннолистная – перспективная кормовая культура на юге Украины / Л. В. Тодорова // Вісн. аграр. науки. – 2000. – Спецвипуск. – С. 87.
21. Мыхлык, А. И. Оценка фотосинтетической деятельности сортов овса посевного в зависимости от уровня азотного питания / А. И. Мыхлык, Н. А. Дуктова // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2015. – № 3. – С. 130–137.
22. Физиология и биохимия растений: метод. указания / Белорус. гос. с.-х. акад.; сост.: Н. П. Решецкий [и др.]. – Горки, 2000. – 144 с.
23. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений / редкол.: Н. Н. Третьяков [и др.]. – 2-е изд. – М. : Колос, 2005. – 654 с.

Поступила 14 апреля 2021 г.

ФОТОСИНТЕТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КЛЕВЕРА ГИБРИДНОГО ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИКРОУДОБРЕНИЙ И БИОСТИМУЛЯТОРОВ РОСТА

О. С. Михайлова, научный сотрудник

РУП «Институт мелиорации», г. Минск, Беларусь

Аннотация

Актуальной проблемой во многих странах является разработка новых форм удобрений и регуляторов роста, которые по сравнению с применением простых удобрений обеспечивают сбалансированное соотношение элементов питания под культуру, повышают экономическую эффективность за счет сокращения затрат на внесение. Приведены данные по влиянию микроудобрений и биостимуляторов роста на фотосинтетическую деятельность семенных посевов клевера гибридного. Использование изучаемых препаратов для внекорневой обработки клевера гибридного в среднем за 2018–2020 гг. повышало площадь листовой поверхности и фотосинтетический потенциал на 1,7–39,7 %, чистую продуктивность фотосинтеза на 8,7–50 %.

Ключевые слова: клевер гибридный, некорневые подкормки, биостимуляторы роста, площадь листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, урожайность семян.

Abstract

O. S. Mikhailava

PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF HYBRID CLOVER IN THE APPLICATION OF MICROFERTILIZERS AND BIOSTIMULANTS OF GROWTH

An urgent problem in many countries is the development of new forms of fertilizers and growth regulators, which, in comparison with the use of simple fertilizers, provide a balanced ratio of nutrients for the crop, increase economic efficiency by reducing the cost of application. The article presents data on the effect of microfertilizers and growth biostimulants on the photosynthetic activity of seed crops of hybrid clover. The use of the studied preparations for foliar treatment of hybrid clover on average for 2018–2020 it increased the leaf surface area and photosynthetic potential by 1.7–39.7 %, and the net photosynthetic productivity by 8.7–50 %.

Keywords: hybrid clover, foliar top dressing, growth biostimulants, leaf surface area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity, seed yield.

Введение

Современным направлением повышения урожайности и качества продукции растениеводства является внедрение в сельскохозяйственное производство энергосберегающих технологий с применением регуляторов роста [1–3]. Существенное влияние на рост и развитие растений, величину и качество урожая оказывают микроэлементы. Они улучшают обмен веществ в растениях, содействуют нормальному течению физиологических и биохимических процессов [4–5]. Биологизация земледелия, появление новых урожаеобразующих средств побудили к проведению исследований, направленных на достижение устойчивой урожайности семян клевера гибридного.

Фотосинтез является основополагающим фактором развития растений и формирования

урожайности. Продуктивность фотосинтеза растений определяется двумя главными показателями – суммарной площадью листьев (ассимилирующей поверхностью) и интенсивностью прироста сухого вещества в расчете на единицу площади листьев в сутки.

Размеры ассимиляционной поверхности растений, продолжительность их фотосинтетической деятельности, интенсивность фотосинтеза являются важными факторами формирования урожайности растений, так как от размера площади листьев в посевах зависят количество поглощенной солнечной энергии и синтез органического вещества. Известно, что показатель чистой продуктивности фотосинтеза в онтогенезе изменяется и находится в сложной функциональной зависимости от

площади листьев, фазы развития и степени оптимизации условий выращивания [6].

Цель наших исследований – обосновать применение микроудобрений и биостимуля-

Методика исследований

Исследования проводились на семенных посевах клевера гибридного районированного сорта Красавик в северной части Беларуси (Витебская опытно-мелиоративная станция РУП «Институт мелиорации», Сенненский р-н) в 2018–2020 гг.

Почвы – осушенные дерново-подзолистые глееватые суглинистые, подстилаемые с глубины 0,5–0,6 м моренным суглинком. Их агрохимическая характеристика: pH_{KCl} – 5,84–6,27; содержание гумуса – 2,33–2,81 %; подвижных P_2O_5 – 210–285 мг/кг; K_2O – 185–191 мг/кг по Кирсанову; MgO – 297–367 мг/кг; B – 0,65–0,67 мг/кг; Cu – 2,52–2,60 мг/кг; Zn – 2,71–3,70 мг/кг.

Исследования проведены в трех закладках (посевы 2017, 2018, 2019 гг.). Норма высева – 5,5 млн шт./га (5 кг/га), способ сева – рядовой без покрова. Повторность – 4-кратная, размещение вариантов систематическое, учетная площадь делянок – 25 м².

В опыте для основного внесения в почву применяли стандартные удобрения в качестве фона – $P_{40}K_{60}$ (суперфосфат, хлористый калий) и в один из вариантов дополнительно вносили карбамид – $N_{30}P_{60}K_{90}$. Для некорневых подкормок в фазу бутонизации использовали следующие препараты:

1) микробный препарат Ризофос-*Trifol* (200 мл/га), который является альтернативой минеральным азотным и фосфорным удобрениям. Основа: активные штаммы клубеньковых бактерий, осуществляющие микробиологический перевод труднорастворимых фосфатов почвы и удобрений в доступную растениям форму;

2) микроудобрение Наноплант (100 мл/га), в состав которого входят микроэлементы Co ,

Результаты исследований

Листовая поверхность у клевера гибридного является главным фотосинтетическим органом, осуществляющим поглощение света и улавливание углекислоты из воздуха. Другие органы – стебли и черешки – в этом отношении проявляют очень слабую активность. Цветущие головки

торов роста в технологии возделывания клевера гибридного на семена для повышения продукционной деятельности.

Mn , Cu , Fe , действующее вещество – наночастицы металлов;

3) биостимуляторы роста:

Стиμπο (20 мл/га) – биологического происхождения, содержит ненасыщенные кислоты, углеводы, аминокислоты, макро- и микроэлементы – Mn , K , Mg , Fe , Cu ;

Агропон С (20 мл/га), в его состав включена сбалансированная композиция полезных веществ: олигосахаридов, хитозана, свободных жирных кислот, фитогормонов, аминокислот, витаминов и биогенных микроэлементов (Fe , Na , Cu , Mn , K , Zn , Mg , Ca);

Альбит (40 мл/га) – полифункциональный препарат биологического происхождения. Его основа – гидролизованная биомасса почвенных бактерий *Bacillus megaterium* и *Pseudomonas aureofaciens*;

Регоплант (50 мл/га), относится к серии композиционных препаратов, обладает биозащитными свойствами. Сбалансирован композицией биологически активных соединений аминокислот, хитозана, аналогов фитогормонов, олигосахаридов, жирных кислот, хелатных и биогенных микроэлементов Cu , Zn , S , Mo , Mg , B , Mn , K , Ca , Fe , N .

В 2018 г. показатель ГТК равнялся 1,0, поэтому вегетационный период можно охарактеризовать как слабозасушливый. Гидротермический коэффициент периодов 2019 г. и 2020 г. находился в пределах оптимальной нормы (1,3 и 1,6 соответственно), однако очень неравномерное распределение тепла и влаги в зависимости от фазы оказало не очень благоприятное влияние на рост и развитие клевера гибридного.

клевера могут составлять конкуренцию листьям в поглощении света, отражая от посева значительную его часть.

У клевера первые головки завязываются в пазухах предпоследнего верхнего листа до начала вытягивания стеблей в длину. С началом ак-

тивного вытягивания междоузлий завязываются другие головки на боковых побегах, причем из апикальной меристемы сначала завязываются бугорки для формирования тройчатых листьев, после чего меристемы вытягиваются и там формируются цветочные бугорки. Динамика образования цветочных головок связана с динамикой образования и ростом листьев. Поэтому количественное определение площади листьев у клевера может представлять интерес с различ-

ных точек зрения, вытекающих из разнообразных функций листьев.

Определение площади листьев, проведенное нами в посевах клевера гибридного, показало, что максимальная точка роста совпала с фазой цветения (рис. 1). В последующий период площадь листьев уменьшалась в связи с отмиранием листовых пластинок. После наступления периода массового цветения головок происходит быстрое отмирание всех листьев и к моменту побурения головок.

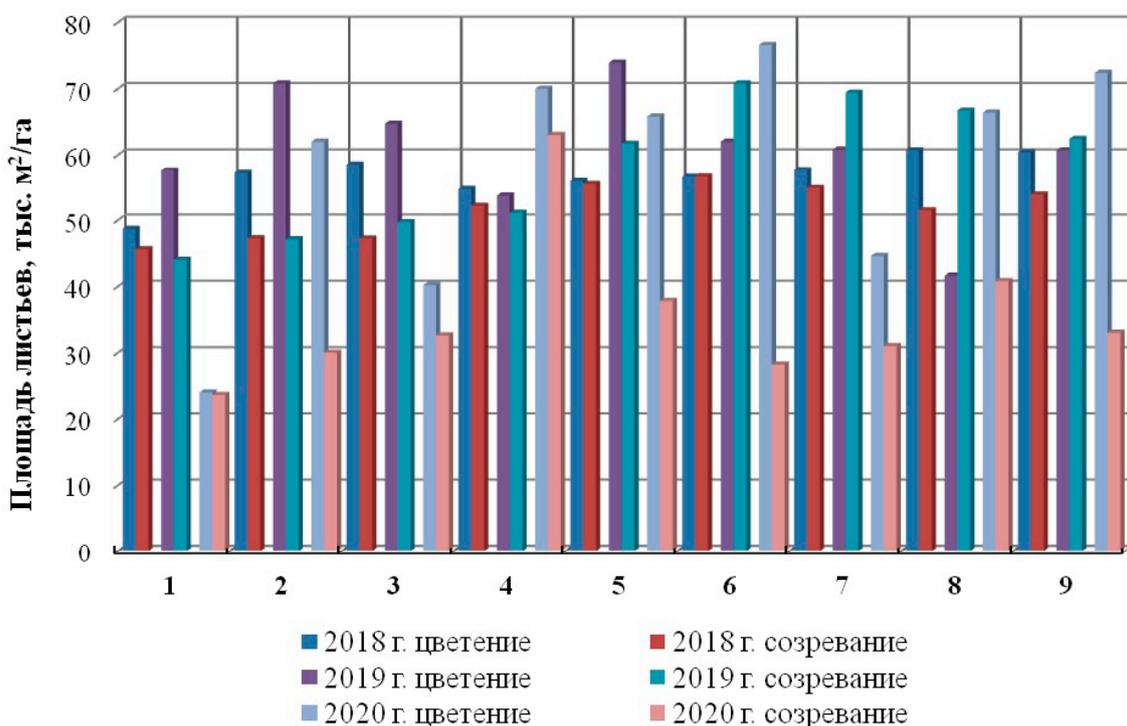


Рис. 1. Динамика роста площади листьев в фазу цветения и созревания у клевера гибридного в семенных посевах, 2018–2020 гг.:

1 – N₀P₀K₀ (контроль); 2 – P₄₀K₆₀ – фон; 3 – N₃₀P₆₀K₉₀; 4 – фон + Ризофос-Trifol;
5 – фон + Стимпо; 6 – фон + Агропон С; 7 – фон + Наноплант Со, Мп, Сu, Fe;
8 – фон + Альбит; 9 – Фон + Регоплант

Следует отметить, что рост площади листьев у клевера гибридного и максимальные ее размеры очень сильно зависят от обеспеченности растений влагой. Листовые пластинки клевера не имеют мощной защитной кутикулы и даже при небольшом водном дефиците быстро теряют тургор и завядают. К тому же устьица у клевера располагаются не только снизу, но и сверху листовых пластинок, что не способствует сохранению влаги. Поэтому в засушливые годы с недостатком влаги в весенний период либо в период вторичного отрастания клевера развивается небольшая листовая поверхность.

Наблюдения 2018–2020 гг. за листовой поверхностью клевера гибридного в течение первого и второго года жизни выявили, что некорневая подкормка изучаемыми препаратами оказала положительное влияние на формирование ассимиляционного аппарата.

Внесение биостимулятора роста Агропон С обеспечило максимальную прибавку площади листьев за два года (2018–2019 гг.) на 9,5–26,8 тыс. м²/га (20,2–60,9 %) (табл. 1). В первый год жизни клевера использование препарата Регоплант увеличило площадь на 10 тыс. м²/га по сравнению с контролем, с фоном на 4,9 тыс. м²/га.

Таблица 1. Фотосинтетическая деятельность клевера гибридного, 2018–2019 гг.

Вариант	Площадь листьев, тыс. м ² /га			ФП, тыс. м ² ·сут./га			ЧПФ, г/м ² ·сут.		
	1 г.ж.	2 г.ж.	сред- нее	1 г.ж.	2 г.ж.	сред- нее	1 г.ж.	2 г.ж.	сред- нее
N ₀ P ₀ K ₀ (контроль)	47,1	44	45,6	1461,0	1364,0	1412,5	1,9	2,7	2,3
P ₄₀ K ₆₀ – фон	52,2	47,1	49,7	1618,5	1460,1	1539,3	2,1	3,1	2,6
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	52,9	49,7	51,3	1639	1540,7	1589,9	1,8	3,0	2,4
Фон + Ризофос- <i>Trifol</i>	53,4	51,1	52,3	1656,3	1584,1	1620,2	1,9	3,6	2,8
Фон + Стимпо	55,7	61,7	58,7	1726,5	1912,7	1819,6	1,6	2,4	2,0
Фон + Агропон С	56,6	70,8	63,7	1753,8	2194,8	1974,3	2,1	3,3	2,7
Фон + Наноплант	56,3	69,4	62,9	1744,1	2151,4	1947,8	2,5	3,8	3,1
Фон + Альбит	56,1	66,7	61,4	1738,9	2067,7	1903,3	1,9	4,0	2,9
Фон + Регоплант	57,1	62,4	59,8	1771,2	1934,4	1852,8	2,2	2,8	2,5
Среднее	54,2	58,1	56,2	1678,8	1801,1	1740,0	2,0	3,2	2,6

Во второй год жизни высокую прибавку по сравнению с контролем обеспечило применение стимулятора роста Агропон С – 26,8 тыс. м²/га. В среднем по опыту за два года жизни площадь листьев составила 56,2 тыс. м²/га, внесение остальных препаратов способствовало увеличению площади листьев до 52,3–62,9 тыс. м²/га.

В результате наблюдений за площадью листовой поверхности в 2019–2020 гг. можно сделать вывод, что внекорневая подкормка биостимулятором Стимпо и микробным препаратом Ризофос-*Trifol* обеспечила максимальную прибавку площади листьев в среднем за два года на 22,9–63,9 % (табл. 2).

Таблица 2. Фотосинтетическая деятельность клевера гибридного, 2019–2020 гг.

Вариант	Площадь листьев, тыс. м ² /га			ФП, тыс. м ² ·сут./га			ЧПФ, г/м ² ·сут.		
	1 г.ж.	2 г.ж.	сред- нее	1 г.ж.	2 г.ж.	сред- нее	1 г.ж.	2 г.ж.	сред- нее
N ₀ P ₀ K ₀ (контроль)	57,6	25,2	41,4	1785,6	781,2	1283,4	4,5	1,5	3,0
P ₄₀ K ₆₀ – фон	70,8	33	51,9	2194,8	1023,0	1608,9	5,0	2,4	3,7
N ₃₀ P ₆₀ K ₉₀	64,7	26,1	45,4	2005,7	809,1	1407,4	5,9	1,8	3,9
Фон + Ризофос- <i>Trifol</i>	53,7	41,3	47,5	1664,7	1280,3	1472,5	6,7	1,3	4,0
Фон + Стимпо	73,9	35,9	54,9	2290,9	1112,9	1701,9	5,8	1,3	3,6
Фон + Агропон С	62	25,1	43,6	1922,0	778,1	1350,1	6,5	1,7	4,1
Фон + Наноплант	60,8	23,4	42,1	1884,8	725,4	1305,1	6,6	1,0	3,8
Фон + Альбит	41,6	31,8	36,7	1289,6	985,8	1137,7	6,3	2,7	4,5
Фон + Регоплант	60,7	28,9	44,8	1881,7	895,9	1388,8	4,9	2,1	3,5
Среднее	60,6	30,1	45,4	1880,0	932,4	1406,2	5,8	1,8	3,8

В первый год жизни клевера внесение препарата Стимпо увеличило площадь на 16,3 тыс. м²/га по сравнению с контролем. Во второй год жизни высокую прибавку по сравнению с контролем обеспечило применение микробного препарата Ризофос-*Trifol* – 16,1 тыс. м²/га. В среднем по опыту за два года площадь листьев составила 45,4 тыс. м²/га, вне-

сение препаратов способствовало увеличению площади листьев до 42,1–54,9 тыс. м²/га.

Установлена прямая корреляционная связь урожайности семян клевера гибридного и площади листовой поверхности в среднем за 2018–2019 гг. ($r = 0,86$) и за 2019–2020 гг. ($r = 0,50$) (рис. 2–3).

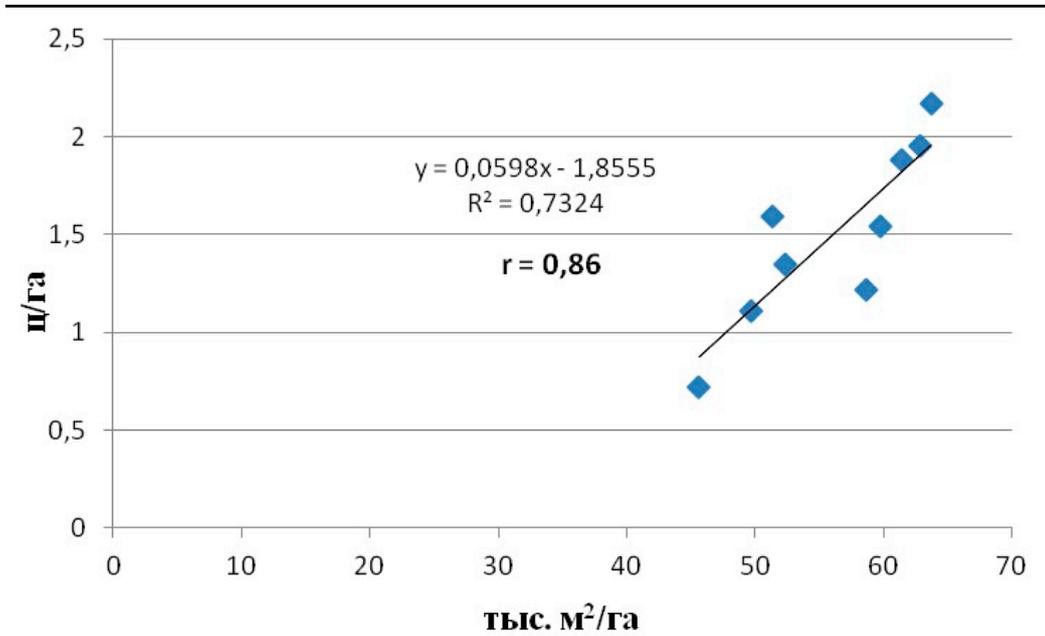


Рис. 2. Точечный график и теоретические линии регрессии при прямолинейной корреляции между урожайностью клевера гибридного и площадью листовой поверхности, среднее за 2018–2019 гг.

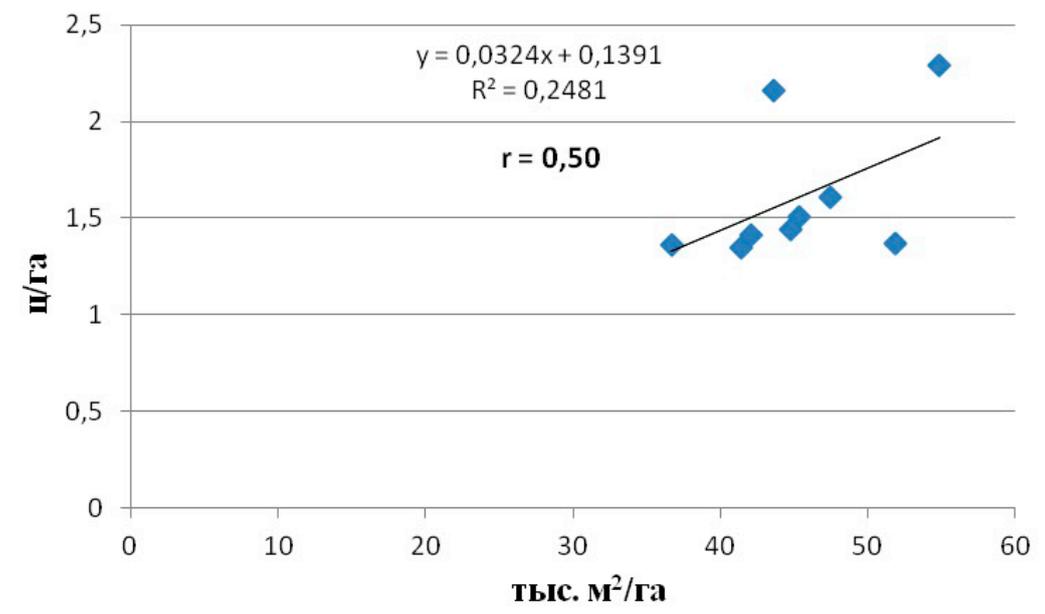


Рис. 3. Точечный график и теоретические линии регрессии при прямолинейной корреляции между урожайностью семян клевера гибридного и площадью листовой поверхности, среднее за 2019–2020 гг.

В создании биологического урожая важную роль играет фотосинтетический потенциал (ФП) суммарной листовой поверхности, который определяется скоростью ее образования и временем активной работы, что более точно характеризует мощность ассимиляционного аппарата посева в целом за вегетацию. Так как этот показатель напрямую зависит от величины площади листьев, была отмечена такая же корреляционная связь уровня урожайности семян клевера гибридного с ФП.

Оптимальными вариантами в среднем за 2018–2019 гг., которые обеспечили максимальный урожай семян (1,95 ц/га и 2,17 ц/га), являются посевы, имеющие фотосинтетический потенциал в пределах 1947,8–1974,3 тыс. м² · сут./га, при некорневой подкормке препаратами Наноплант Со, Мп, Си, Fe и Агропон С. Снижение ФП до 1300–1600 тыс. м² · сут./га существенно уменьшало урожайность семян клевера гибридного.

Для исследований 2019–2020 гг. характерно снижение фотосинтетического потенциала, и вследствие этого оптимальными вариантами для максимального урожая (2,16 ц/га и 2,29 ц/га)

стали значения в пределах 1472,5–1701,9 тыс. м² · сут./га при использовании препаратов Ризофос-*Trifol* и Стимпо. Снижение ФП приводило к снижению урожайности семян клевера гибридного.

Повышение урожайности обеспечивается увеличением не только фотосинтетической активности агрофитоценоза, но и его рабочих элементов – единиц площади листа и хлоропласта, что выражается в показателях чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ). С ростом ФП она до определенной величины возрастает, а затем начинает понижаться.

Некорневые подкормки в 2018–2019 гг. биостимулятором Альбит и микроудобрением Наноплант Со, Мп, Си, Fe способствовали максимальному увеличению ЧПФ до 2,9 и 3,1 г/м² · сут. соответственно. Однако максимальная урожайность семян сформировалась при внесении биостимулятора Агропон С, где ЧПФ составляет 2,7 г/м² в сутки сухого вещества. В среднем за два года жизни корреляционная зависимость урожайности клевера гибридного с ЧПФ оказалась достаточно высокой: $r = 0,62$ (рис. 4).

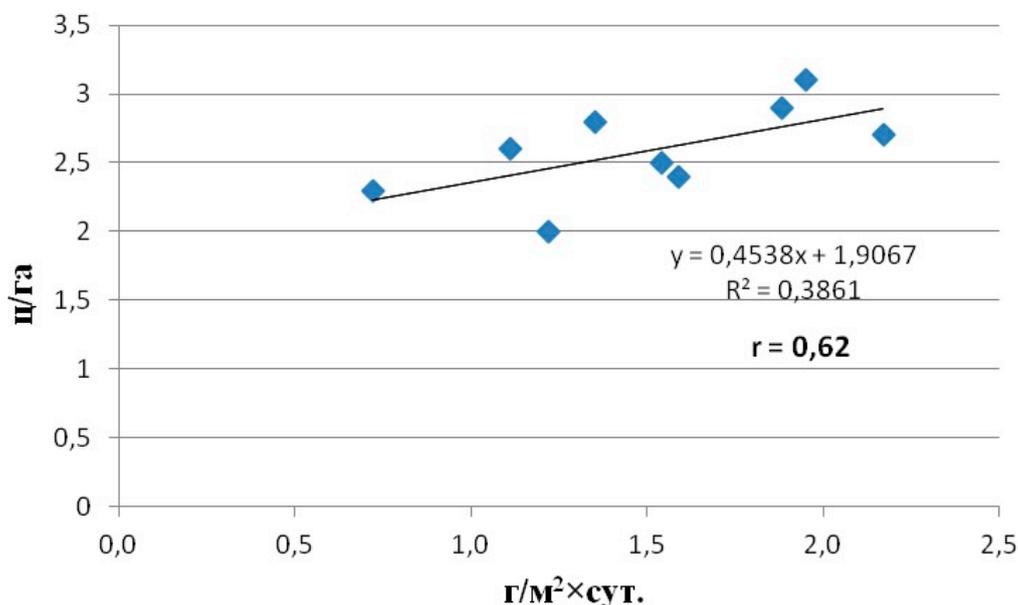


Рис. 4. Точечный график и теоретические линии регрессии при прямолинейной корреляции между урожайностью семян клевера гибридного и ЧПФ, среднее за 2018–2019 гг.

Исследования 2019–2020-х гг. показали, что максимальная урожайность семян сформировалась при внесении биостимуляторов Агропон С и Альбит, где ЧПФ находилась в пределах 4,1–4,5 г/м² в сутки сухого вещества. За этот период выявлена слабая корреляционная

связь ($r = 0,11$) уровня урожайности клевера и ЧПФ.

Использование изучаемых препаратов для внекорневой обработки клевера гибридного в среднем за годы исследований повышало ЧПФ на 0,2–1,0 г/м² · сут.

Заключение

Изучение фотосинтетической деятельности клевера гибридного семенных посевах на осушенных дерново-подзолистых глееватых суглинистых почвах севера Беларуси показало следующее.

1. Максимальный рост площади листовой поверхности клевера гибридного в 2018–2020 гг. наблюдался в фазу цветения. После наступления периода массового цветения головок происходило быстрое отмирание всех листьев и их площадь резко уменьшалась.

2. Установлена прямая корреляционная связь урожайности семян клевера гибридного с площадью листовой поверхности, фотосинтетическим потенциалом в среднем за 2018–2019 гг. ($r = 0,86$) и за 2019–2020 гг. ($r = 0,50$).

3. Некорневые обработки в 2018–2019 гг. биостимуляторами роста Агропон С и микроудобрением Наноплант Со, Мп, Си, Фе способствовали максимальному увеличению площади листьев в среднем за два года жизни (63,7 и 62,9 тыс. м²/га) и фотосинтетического

потенциала (1974,3 и 1947,8 тыс. м² · сут./га соответственно). Максимальный урожай семян клевера гибридного (2,17 ц/га и 1,95 ц/га) сформировался в этих вариантах. Наиболее высокие показатели чистой продуктивности фотосинтеза получены при использовании Нанопланта – 3,1 г/м² · сут. и Альбита – 2,9 г/м² · сут.

4. Исследования 2019–2020 гг. показали, что максимальная площадь листьев и фотосинтетического потенциала в среднем за два года жизни сформировалась при внесении биостимулятора роста Стимпо (54,9 тыс. м²/га и 1701,9 тыс. м² · сут./га) и микробного препарата Ризофос-*Trifol* (47,5 тыс. м²/га и 1472,5 тыс. м² · сут./га); эти значения стали оптимальными вариантами для получения максимальной урожайности семян клевера (2,29 ц/га и 2,16 ц/га соответственно). Показатели ЧПФ достигали максимума при некорневой подкормке препаратами Альбит до 4,5 г/м² · сут. и Агропон С до 4,1 г/м² · сут.

Библиографический список

1. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И. Р. Вильдфлуш [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Отд-ние аграр. наук, Белорус. гос. с.-х. акад. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 293 с.
2. Пономаренко, С. П. Регуляторы роста растений / С. П. Пономаренко. – Киев : Ин-т биоорг. химии и нефтехимии НАН Украины, 2003. – 319 с.
3. Мееровский, А. С. Совершенствование технологии возделывания клевера гибридного на семена / А. С. Мееровский, Р. Т. Пастушок, О. С. Грушевич // Мелиорация. – 2018. – № 2 (84). – С. 28–32.
4. Фатеев, А. И. Основы применения микроудобрений / А. И. Фатеев, М. А. Захарова. – Харьков : [б. и.], 2005. – 134 с.
5. Николаева, З. Ф. Влияние микроэлементов на семенную продуктивность клевера гибридного / З. Ф. Николаева // Агрехимия. – 1988. – № 2. – С. 68–71.
6. Витола, А. К. Взаимосвязь светового режима и азотного питания растений / А. К. Витола // Фотосинтез и продуктивность растений. – Рига : Зинатне, 1965. – С. 45–47.

Поступила 2 июня 2021 г.

УДК 630*116.64

ПЕРСПЕКТИВЫ ЗАЩИТНОГО ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ

Ю. В. Чернявский, кандидат экономических наук

*Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного разведения РАН,
г. Волгоград, Россия*

Аннотация

Представлен анализ многолетнего опыта агролесомелиоративных научно-практических разработок по основным направлениям, определены основные проблемы и выявлены перспективы дальнейшего искусственного лесоразведения России в южных регионах. На основании опубликованных данных выделен ряд основных причин, определяющих понижение функций защитных лесных насаждений в регионах; предложен комплекс лесомелиоративных мероприятий, направленных на повышение их жизнестойкости и эффективности в экстремальных лесорастительных условиях. Комплексные лесомелиоративные мероприятия включают улучшение ассортимента деревьев и кустарников, используемых для лесоразведения в засушливых условиях.

Ключевые слова: лесоразведение, лесомелиорация, защитные лесные насаждения, деревья, кустарники, экологическая ситуация, научно-практический опыт, засушливая ардная зона.

Abstract

Y. V. Chernyavsky

PROSPECTS FOR PROTECTIVE FOREST IN THE CONTEXT OF AGRICULTURAL FOREST RECOVERY SCIENCE AND PRACTICE

The manuscript presents an analysis of the long-term experience of agroforestry scientific and practical developments in the main areas, identifies the main problems and identifies the prospects for further artificial afforestation in Russia in the southern regions. Based on the published data, a number of main reasons have been formed that determine the decrease in the functions of protective forest plantations in the regions; a set of forest reclamation measures aimed at increasing their viability and efficiency in extreme forest conditions has been proposed. Integrated reforestation activities include improving the range of trees and shrubs used for afforestation in arid conditions.

Keywords: tafforestation, forest reclamation, protective forest plantations, trees, shrubs, ecological situation, scientific and practical experience, arid arid zone.

Введение

Искусственное лесоразведение является составляющей частью аграрной и лесомелиоративной науки. Многие теоретики и практики агролесомелиорации в своих разработках не только используют научно-практический опыт, накопленный более чем за 300-летний период развития лесомелиорации, но и опираются на новейшие методы исследования как природных, так и градоэкологических систем, затронутых хозяйственной деятельностью общества.

Имеется большое количество сведений о приемах, позволяющих повысить устойчивость и защитную роль лесных насаждений по многим показателям, в том числе по улучшению состояния проблемных территорий, качества среды жизнедеятельности человека и повышению урожайности многих сельскохозяйственных культур. Научно-практический опыт показывает, что есть дополнительные резервы по увеличению скорости роста и повышению устойчи-

ности лесополос. Положительный эффект при создании насаждений возникает, если использовать селекционно-генетические разработки по отбору естественных и искусственных, более жизнестойких гибридов лесных пород, а также другие мелиоративные приемы [1, 2].

Многофункциональная роль защитных насаждений особенно важна и эффективна в условиях сухой степи, где за счет лесополос создается иной аграрно-экологический ландшафт, более характерный для лесостепных природных условий. Успешность лесомелиорации в

России опирается на фундаментальные разработки в этом направлении выдающихся российских ученых В. В. Докучаева, Г. Н. Высоцкого, Н. И. Суца, А. С. Козменко, А. В. Альбенского, Г. П. Озолина, Е. С. Павловского, Г. Я. Маттиса и других ученых и практиков, которые сформировали теоретические и практические основы полезащитного лесоразведения [3–6].

Цель исследования – выявление перспектив защитного лесоразведения на территории Российской Федерации.

Объекты, методы и условия проведения исследований

Основные объекты для развития защитного лесоразведения – аридные (безлесные) территории с трудными лесорастительными условиями (степь, сухая степь и полупустыня). Недостаток влаги, часто повторяющиеся засухи и суховеи, морозные зимы, засоленность и солонцеватость почв, подверженность ослабленных деревьев болезням и воздействию вредителей – все это создает трудности для выращивания здесь высокоэффективных устойчивых лесных насаждений.

Как известно, общепризнанной родиной защитного лесоразведения является Россия, в стране накоплен большой научный и производственный опыт. Около трех миллионов гектаров различных видов защитных лесных насаждений распространяют свое влияние более чем на 40 млн га сельскохозяйственных угодий, защищая их от разрушения водной и ветровой эрозией, воздействия засух и суховеев.

Результаты и их обсуждение

Анализ многолетних данных свидетельствует о том, что средняя урожайность сельскохозяйственных культур под защитой лесных полос в целом выше, чем на незащищенных полях: у зерновых культур на 18–23 %, у технических на 20–26 % и у кормовых на 29–41 %. В некоторых регионах России существуют завершённые системы защитных лесных насаждений: например, на территории нескольких муниципальных районов Волгоградской обл., лесополосы «Докучаевские бастионы» в Каменной степи (Воронежская обл.), системы защитных лесных насаждений в опытно-производственных хозяйствах Всесоюзного научно-исследователь-

Научно-практические исследования Научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук ориентированы на новейшие разработки и методы, позволяющие повысить устойчивость и роль защитных лесных насаждений в стабильности и увеличении урожайности сельскохозяйственных культур, улучшении качества продукции растениеводства, охране плодородия почв сельскохозяйственных угодий и экологической стабилизации биосферной среды, благоприятной для жизнедеятельности общества. В результате исследований выявлены резервы увеличения защитной высоты лесополос и продолжительности их жизнедеятельности за счет использования при их создании посадочного материала, выращенного на селекционно-генетической основе из семян устойчивых и быстрорастущих гибридов древесных пород.

ского института агролесомелиорации (ВНИАЛМИ до 1992 г.), «Новосильское» в Орловской области, «Поволжское» в Самарской, «Обливское» в Ростовской области и др. [2, 7, 8].

На территории Российской Федерации, как и в целом на планете, в последнее столетие из-за возросшей антропогенной нагрузки на биосферу значительно ухудшилась экологическая ситуация в целом, и это коснулось, в частности, и сельскохозяйственных угодий. Многие исследователи считают причиной этого возрастающую распашку земель, в процессе эксплуатации загрязняющихся химическими веществами и радионуклидами. В свою оче-

редь, это приводит к увеличению площади засушливой зоны и усилению процессов опустынивания территории, механической деградации и разрушению почвы. В дальнейшем усиливается общее потепление климата, нарушается многообразие связей в природе, ослабляются способности аграрных ландшафтов к саморегулированию и естественному восстановлению.

Глобальным явлением современности для большинства стран мира становится опустынивание и деградация почв на значительных территориях. В связи с этим такие международные организации, как ФАО (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), ЮНЕП (Программа ООН по окружающей среде), ИКРАФ (Международный центр исследований в области агролесоводства), уделяют большое внимание этим проблемам и мерам по борьбе с этими опасными реалиями. Агролесомелиорация и, в частности, защитное лесоразведение играют большую роль в данной ситуации. Сейчас во всем мире активизируются лесомелиоративные работы. Например, в Китае ежегодный объем таких работ достигает до 1,4 млн га. Планомерно и целеустремленно они ведутся в США и Канаде, в штатах и провинциях Великих Равнин. Запланированы высокие темпы агролесомелиоративных работ в Индии, странах Латинской Америки и Африки. Даже в таких странах Западной Европы, как Франция, Дания, Германия, Австрия, где имеется высокая лесистость территорий, активно проводятся ежегодные посадки защитных лесных насаждений вдоль дорог, границ ферм и других рубежей, увеличиваясь по протяженности от 1 до 2 тыс. километров в год [6].

В соответствии с Федеральной программой развития лесомелиоративных работ в России площадь искусственных защитных лесных насаждений на территории страны должна быть доведена почти до 7 млн гектар. Это научно обоснованная величина, включающая в том числе 2,7 млн га полезащитных, 2,0 млн га овражно-балочных, 0,8 млн га пастбищезащитных, 0,5 млн га на песках и 0,8 млн га вокруг населенных пунктов, прудов и водоемов, вдоль малых рек. По перспективным расчетам выполнение объемов посадки, согласно программе защитных насаждений, позволит увеличить ежегодный объем дополнительной сельскохо-

зяйственной продукции в среднем на 15–30 % в год. Наряду с этим, защитные лесные насаждения сыграют большую экологическую и социальную роль, что выразится в увеличении пищевой и кормовой базы для человека, росте числа домашних и диких животных, удлинении трофических связей в природном цикле, повышении устойчивости преобразованных аграрных ландшафтов к природно-антропогенным нагрузкам, улучшении комфортности проживания населения в экологически напряженных местностях [7].

При реализации проектов создания новых и реконструкции существующих лесных насаждений возникают разноплановые проблемы, для решения которых необходимо выделить основные направления и сформулировать задачи лесоразведения, проводимого в неблагоприятных лесорастительных условиях. Лесомелиоративные проблемы тесно взаимосвязаны, отдельные масштабные задачи продолжают оставаться актуальными в сфере научно-практической деятельности лесоразведения. Имеются в виду, например, организация и развитие собственной лесосеменной базы для лесоразведения на селекционной основе в каждой природной зоне, что позволит решить проблему недостатка лесосеменного материала. Одновременно собственный семенной материал положительно повлияет на улучшение ассортимента деревьев и кустарников, используемых при создании искусственных лесонасаждений, а также на их устойчивость к неблагоприятным факторам.

При решении проблем в лесоразведении не менее важна задача усовершенствования существующих и применения новых технологий, а также агротехники выращивания лесопосадочного материала и защитных лесных насаждений, созданных из него.

Часто причиной неудовлетворительного состояния лесных насаждений различного назначения становится их густота, которая имеет положительный эффект в первые годы роста древесных. С развитием того или иного растения загущенность создает дефицит питания, который приводит к общему ослабленному состоянию насаждения, возникновению сухих вершин и в итоге к его ранней гибели. Такая ситуация связана с отсутствием своевременных санитарных рубок. Также важную роль в

лесоразведению играет использование кустарников, которые необходимо включать в состав насаждений, избегая их чрезмерной густоты [4, 5].

В сельскохозяйственной науке и, в частности, лесоразведению активно применяются новейшие технологические методы исследования, характерные для, например, ядерной физики (использование лазера). Аэрометоды и космические съемки пришли на помощь наземным почвенным, геоботаническим, агрохимическим и другим трудоемким методам изучения лесных и сельскохозяйственных угодий.

Федеральный научный центр агроэкологии РАН РФ активно участвует в разработке программ, ориентированных на внедрение в производство новейших научных достижений в сфере аграрной области и лесомелиорации, связанных с решением природно-экологических и социальных проблем на территории всех регионов России. Важно, что развитие лесомелиорации системно поддерживается созданием наиболее благоприятных условий для жизнедеятельности всей природно-экологической системы территории страны, способствующей устойчивому развитию общества.

Практика внедрения в производство ранее выполненных работ по лесоразведению на территории России указывает на то, что в

данной сфере не следует игнорировать и природно-климатические факторы, от которых в неменьшей степени зависит состояние защитных лесных насаждений на пахотных землях в различных регионах страны. Откорректированное агролесомелиоративное районирование территории страны является основой для правильного подбора пород и размещения деревьев и кустарников для всех видов защитных насаждений. На рисунке схематично показано расположение выделенных районов.

На основании многолетних исследований в равнинных регионах России выделен 21 агролесомелиоративный район.

Например, в таежной лесной зоне их 5: Прибалтийско-Приволдайский (1), Приокский (2), Вятско-Камский (3), Сибирский (4), Дальневосточный (5);

лесостепной – 4: Среднерусско-Приволжский (6), Заволжский лесостепной (7), Уральско-Западносибирский (8), Среднесибирский (9);

степной – 5: Предкавказский (10), Волго-Донской (11), Заволжский степной (12), Западносибирский степной (13), Восточносибирский степной (14);

сухой степи – 4: Терско-Кумский (15), Волго-Донской (16), Волго-Уральский (17), Кулундинский (18);



Рисунок. Схема уточненных границ агролесомелиоративных районов южного региона территории России

полупустынной – 3: Ергенинско-Сарпинский (19), Волго-Уральский (20) и в пустынной – Черноземельско-Прикаспийский (21) [4–6].

Из всего климатического разнообразия лесная и лесостепная зоны характеризуются лучшими лесорастительными условиями на территории РФ, которые обеспечивают достаточное увлажнение, плодородие почв. Также положительным фактором является отсутствие солевых горизонтов и солонцов в почве. В этих природно-климатических условиях можно вырастить хорошие по качеству защитные лесные насаждения. При анализе существующих лесных насаждений в данной зоне выясняются ошибки, допущенные при подборе породного состава посадочного материала.

При создании лесонасаждений в качестве главных пород часто использовались малоценные виды деревьев (клен ясенелистный, вяз приземистый, ясень ланцетный и несколько видов тополя), которые недолговечны, хотя и являются быстрорастущими. При выборе посадочного материала не нашли применения более устойчивые породы деревьев и кустарников с высокой продолжительностью жизни. При выращивании их посадочного материала возникают определенные трудности. Практически не были использованы рекомендуемые в качестве главных пород для создания лесонасаждений в лесной и лесостепной зонах долгоживущие древесные дубы черешчатый, пирамидальный и красный (северный), несколько видов берез, также лиственница и липа, которые положительно зарекомендовали себя в искусственном лесоразведении [5–7].

В полезащитные лесные полосы лесостепной зоны рекомендуется вводить только высокорослые и долговечные хозяйственно-ценные древесные виды, полностью исключив из них малоценные и ограничив использование кустарников. Для противоэрозионных насаждений следует также использовать деревья средней величины и кустарники многофункционального назначения (медоносность, пищевая, кормовая, лекарственная ценность и пр.) [6].

Выводы

Сформированный на базе комплексных исследований опыт по всей рассматриваемой территории используется в дальнейших теоретических и экспериментальных изысканиях.

В сухостепной, полупустынной и отчасти пустынной зонах, в выделенных 16-м, 17-м, 19-м, 20-м и 21-м агролесомелиоративных районах наиболее распространена главная порода в искусственных лесных насаждений – вяз приземистый (мелколистный) (до 70 %), продолжительность жизни которого в зависимости от лесорастительных условий в среднем составляет 25–30 лет. Исследованиями установлено, что разные виды и гибриды ильмовых, используемые здесь для степного лесоразведения, весьма отличаются относительно лимитирующих факторов роста (засуха, морозы, содержание солей в почве и проч.) [1].

По нисходящей степени устойчивости к этим факторам установлены следующие ряды:

к засухе наиболее устойчив берест, вяз гибридный, вяз гладкий и вяз приземистый;

в этой зоне переносят морозы вяз гладкий, вяз гибридный, берест и вяз приземистый;

к засолению приспосабливаются вяз гладкий, берест, вяз гибридный и вяз приземистый;

к болезням наиболее устойчивы вяз приземистый, вяз гибридный, берест, вяз гладкий.

Сосудистая болезнь (графйоз) чаще поражает виды и формы ильмовых (вяза) в пониженных влажных условиях произрастания на пойменных территориях и по днищам балок.

В связи с этим ильмовые следует использовать дифференцированно по агролесомелиоративным районам: в степной зоне, в 11-м, 12-м и 18-м районах, предпочтение отдавать вязу гладкому; в сухостепной и полупустынной зонах, в 16-м, 17-м, 19-м и 20-м районах, более устойчивы берест и вяз гибридный. Использование вяза приземистого из-за его недостаточной морозоустойчивости следует ограничить южной границей агролесомелиоративных районов (19–21) на участках с доступными для корневой системы грунтовыми водами и на микропонижениях рельефа. Особенно эффективно его использование для создания зеленых зонтов на пастбищах.

Принимаются во внимание главные цели охраны природы и улучшения качества окружающей среды с учетом интересов сельскохозяйственного производства и других отраслей

хозяйственной и рекреационной деятельности общества.

Аналитическое исследование результатов внедрения в производство научных методов и методик агрономических и лесомелиоративных научных изысканий позволило выявить основные объективные причины ослабленного состояния лесонасаждений на южных территориях степной, сухостепной и полупустынной части РФ. Важным направлением выполнения поставленных задач является разработка и совершенствование методов селекции и выращивания посадочного материала из деревьев и кустарников, устойчивых к современным неблагоприятным экологическим условиям. Есть необходимость продол-

жать изучение комплексной эффективности степного лесоразведения, включающей социально-экономические и экологические аспекты [6].

Полученные результаты наглядно подтверждают необходимость дальнейшего проведения исследований, приводящих к положительной динамике сокращения малоудачных посадок и увеличению жизнестойкости и продолжительности жизни лесонасаждений, эффективно способствующих борьбе с засухой, суховеями, ветровой и водной эрозией почв, а также восстановлению и комплексному использованию нарушенных и песчаных земель.

Библиографический список

1. Маттис, Г. Я. Пути повышения качества и эффективности искусственных насаждений в аридном регионе европейской территории России / Г. Я. Маттис // Лес. хоз-во. – 2003. – № 2. – С. 37–43.
2. Рекомендации по формированию лесопастбищ в аридной зоне / В. И. Петров [и др.]. – Волгоград : Россельхозакадемия, 2000. – 42 с.
3. Альбенский, А. В. Селекция древесных пород и семеноводство / А. В. Альбенский. – М. : Гослесбумиздат, 1959. – 306 с.
4. Кретинин, В. М. Биологические основы выращивания лесных насаждений для агролесомелиоративных целей / В. М. Кретинин // Агролесомелиоративная наука в XX веке : сб. науч. тр. / Всерос. НИИ агролесомелиорации. – Волгоград, 2001. – С. 224–241.
5. Маттис, Г. Я. Лесоразведение в засушливых условиях / Г. Я. Маттис, С. Н. Крючков. – Волгоград : ВМИАЛМИ, 2003. – 292 с.
6. Методика и нормативы оценки лесопригодности земель под массивное облесение в поясе неустойчивого увлажнения ЕТР. – М. : Россельхозакадемия, 2001. – 45 с.
7. Руководство по селекционному семеноводству древесных видов для защитного лесоразведения в аридных условиях европейской территории России / Г. Я. Маттис [и др.]. – М. : РАСХН, 2001. – 72 с.
8. Чернявский, Ю. В. Волгоградская область в системе социально-экономических аспектов развития региона / Ю. В. Чернявский. – Волгоград : Сфера, 2019. – 187 с.

Поступила 31 марта 2021 г.

НАШИ ЮБИЛЯРЫ



ВАЛЕНТИНА СТЕПАНОВНА ЖИЛИНА (к 90-летию)

Валентина Степановна Жилина родилась 30 июня 1931 г. в дер. Чучелово Починковского р-на Смоленской обл. Окончила в 1955 г. факультет агрохимии и почвоведения Белорусской сельскохозяйственной академии, получив специальность агрохимика-почвоведа.

Свою научную деятельность В. С. Жилина начала в 1955 г. младшим научным сотрудником Коссовской опытной болотной станции НИИ мелиорации, водного и болотного хозяйства АН БССР. В 1962–1963 гг. она работала младшим научным сотрудником Полесской опытной болотной станции БелНИИ мелиорации и водного хозяйства, училась в очной аспирантуре этого института (1966–1969). По окончании аспирантуры Валентина Степановна продолжала работу младшим научным сотрудником, далее заведующей агрохимической лабораторией Полесской опытной мелиоративной станции (1969–1975). В течение 1976–1993 гг. она работала старшим научным сотрудником БелНИИ мелиорации и водного хозяйства.

В 1969 г. В. С. Жилина успешно защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. Она автор около 50 научных работ, в том числе нормативных и методических документов по эффективности расчетных доз минеральных удобрений на урожай сельскохозяйственных культур и их влиянию на изменение агрохимических свойств торфяных почв в системе севооборота.

За достигнутые трудовые успехи В. С. Жилина награждена медалью «За трудовое отличие», «За доблестный труд», Почетными грамотами Верховного Совета БССР, БелНИИМиВХ.

Коллектив института искренне поздравляет Валентину Степановну с юбилеем, желает доброго здоровья и благополучия.



АНАТОЛИЙ СЕМЕНОВИЧ МЕЕРОВСКИЙ (к 85-летию)

Анатолий Семенович Мееровский родился 17 апреля 1936 г. в г. Минске. В 1958 г. окончил геолого-географический факультет Белорусского государственного университета. Затем работал в Белорусском НИИ почвоведения техником-почвоведом, геоботаником, агрономом почвенного отряда, младшим научным сотрудником. В 1961–1965 гг. обучался в аспирантуре, а по ее окончании продолжал трудиться в институте в течение 1965–1970 гг. в качестве старшего научного сотрудника, в 1970–1993 гг. – заведующего отделом (лабораторией) мелиоративного почвоведения (плодородия мелиорированных почв). В период 1975–1977 гг. – заместитель директора по научной работе Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии, с 1993 по 2008 гг. – заместитель директора по научной работе Института мелиорации и луговодства и заведующий лабораторией селекции и семеноводства многолетних трав. Сейчас Анатолий Семенович – главный научный сотрудник РУП «Институт мелиорации».

В 1966 г. А. С. Мееровскому присвоена ученая степень кандидата сельскохозяйственных наук, в 1991 г. – доктора наук, в 1992 г. – звание профессора. В 1976 г. удостоен Государственной премии БССР в области науки и техники, а в 2003 г. – премии Национальной академии наук Беларуси.

А. С. Мееровский – автор около 700 научных публикаций, в том числе 18 монографий и учебников, 50 нормативных документов, регламентов, рекомендаций, 5 свидетельств на изобретения. С его участием создан сорт чины многолетней Журавушка (рег. № 2017218), использование которого разрешено приказом ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений» (№ 79 от 31.12.2020 г.) на всей территории Беларуси. Участвовал в разработке законов «О мелиорации земель» (2008, № 272-3), «Об охране и использовании торфяников» (2019, № 272-3), Государственных программ «Сохранение и использование мелиорированных земель на 2000–2005 и 2006–2010 гг.».

Основное направление его научной деятельности связано с мелиоративным почвоведением, экологией почв, луговодством. Большая часть научных трудов ученого посвящена различным аспектам плодородия и сохранения торфяных почв, их эффективного сельскохозяйственного использования.

А. С. Мееровский активно участвует в разработке прогнозов, связанных с влиянием мелиорации и сельскохозяйственного использования мелиорированных земель на почвенный покров. Он внес существенный вклад в разработку и внедрение дифференцированных систем удобрений многолетних трав, установление взаимосвязи «почва – растение». Под

его руководством сформулированы основные положения зональной системы луговодства, основанной на использовании природного разнообразия луговой растительности.

Анатолий Семенович много и плодотворно трудится и как научный руководитель ряда государственных и фундаментальных программ, и как исследователь. В качестве главного научного сотрудника он работает в тесном контакте не только с научными, но и с сельскохозяйственными организациями страны. При его активном участии совместно со специалистами Минсельхозпрода разработана и реализована программа создания многокомпонентных пастбищ интенсивного типа.

А. С. Мееровский успешно сочетает научно-исследовательскую работу с подготовкой научных кадров. Под его руководством подготовлено и успешно защищено 20 кандидатских диссертаций. В течение 2012–2017 гг. он являлся председателем ученого совета по защите диссертаций Д 01.53.01 при РУП «Институт мелиорации».

За трудовые успехи А. С. Мееровский награжден такими государственными наградами, как орден «Знак Почета», грамота Верховного Совета БССР, медаль «Ветеран труда». В настоящее время он член редколлегии ряда научных изданий.

Сердечно поздравляем Анатолия Семеновича с юбилеем, желаем крепкого здоровья, неиссякаемой энергии в работе и решении задач, поставленных перед аграрной наукой.



**ПЕТР КОНСТАНТИНОВИЧ
ЧЕРНИК
(к 85-летию)**

Петр Константинович Черник родился 10 июня 1936 г. в дер. Куписк Новогрудского р-на Гродненской обл.

Трудовой путь Петр Константинович начал в колхозе «Великий Октябрь» Новогрудского р-на, затем был рабочим Белорусского политехнического института (1953–1955). В 1956–1960 гг. – студент гидротехнического факультета Белорусского политехнического института. Последующая трудовая биография П. К. Черника тесно связана с Белорусским научно-исследовательским институтом мелиорации и водного хозяйства: здесь он прошел путь от молодого специалиста, младшего научного сотрудника до первого заместителя генерального директора НПО «БелНИИМиВХ». На этой должности он проработал более 20 лет: с 1978-го до 1998 г.

В 1971 г. Петр Константинович защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук, в 1996 г. избран членом-корреспондентом Международной академии экологии и природопользования, в 1999 г. – академиком Белорусской инженерной академии. В течение 1998–2006 гг. Черник работал ведущим научным сотрудником лаборатории гидротехники.

По результатам исследований им опубликовано 135 научных работ, в том числе 16 рекомендаций, руководств, нормативных документов, получено 10 авторских свидетельств на изобретения и патенты.

Основные направления научной деятельности П. К. Черника связаны с исследованиями и разработкой конструкций, методов расчета и технологий строительства гидро-мелиоративных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, методов расчета показателей агрофизических свойств органогенных почв, разработкой вероятностных моделей динамики урожайности сельскохозяйственных культур.

Много внимания Петр Константинович уделял подготовке научных кадров; под его руководством защищено 8 кандидатских диссертаций.

В 2006 г. П. К. Черник перешел на работу в РУП «Белгипроводхоз» на должность ведущего специалиста технического отдела по мелиоративному и водохозяйственному строительству. За время работы в техническом отделе принимал участие в разработке технологических карт проектных решений по особо сложным мелиоративным объектам, консультировал и выполнял расчеты по другим объектам.

В 2009 г. Черник стал ведущим инженером в отделе сооружений, где наиболее ярко раскрылся его научный и творческий потенциал. Участвуя в проектировании таких сложных объектов, как Гродненская, Витебская, Полоцкая и Добрушская гидроэлектростанции, судходный шлюз

Полоцкой ГЭС, Петр Константинович не только принимал обоснованные решения, но и учил этому молодых специалистов, подсказывая им, какие именно должны быть проведены расчеты для того, чтобы конструктивные решения по сооружениям были технически и экономически эффективны.

Особенно пригодились знания Петра Константиновича при проектировании водохранилищ в Грузии. Проведенные им и под его руководством расчеты, подтверждающие принятые проектные решения по земляной плотине, водосбросному сооружению, донной галерее и другим сооружениям, были приняты практически без замечаний как заказчиком, так и при проведении экспертизы, которая проводилась в Грузии.

Глубокие знания Петра Константиновича в гидравлике, геологии и гидрологии очень помогли в проектировании объектов разного назначения, прудов и предприятий по выращиванию особо ценных пород рыб, в разработке нормативных документов для мелиоративного и водохозяйственного строительства.

За 10 лет работы в РУП «Белгипроводхоз» П. К. Черник зарекомендовал себя специалистом высокого профессионального уровня. Его подходы к решению сложных вопросов, касающихся прочностных характеристик грунтов, получили признание далеко за пределами Беларуси. Например, во время посещения Нидерландов специалисты мелиоративных организаций Республики Беларусь узнали, что строительство сооружений на слабых основаниях (торфах) ведется с использованием рекомендаций и теоретическо-расчетной базы, разработанной П. К. Черником.

Петр Константинович обладает ценными человеческими качествами: он всегда тактичен, интеллигентен, вежлив, в любой ситуации легко и понятно объясняет свою позицию.

За большой вклад в развитие мелиоративной науки П. К. Черник награжден орденом Дружбы народов (1981), медалями «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения Владимира Ильича Ленина» (1970), «Ветеран труда», Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь (2001), Почетными грамотами Минводхоза СССР, Минводхоза БССР, НАН Беларуси и др., а также золотой, серебряной и бронзовыми медалями ВДНХ СССР, удостоен высокого звания «Ганаровы меліаратар Рэспублікі Беларусь».

Коллеги и друзья искренне поздравляют Петра Константиновича с юбилейной датой, желают доброго здоровья, благополучия и удачи.



**НАДЕЖДА ВЛАДИМИРОВНА
КАБАНОВА
(к 70-летию)**

Надежда Владимировна Кабанова родилась 26 апреля 1951 г. в дер. Голены Слонимского р-на Гродненской обл. В 1972 г. окончила Новогрудский сельскохозяйственный техникум, а в 1980 г. – агрономический факультет Белорусской сельскохозяйственной академии.

Вся трудовая жизнь Надежды Владимировны связана с Институтом мелиорации, где она работала с 1972 г.: до 1995 г. – старшим техником, агрономом, младшим научным сотрудником лаборатории луговодства, в 1995–2001 гг. – научным сотрудником, старшим и ведущим научным сотрудником лаборатории сенокосов и пастбищ; в 2001–2006 гг. – ведущим научным сотрудником лаборатории селекции и семеноводства многолетних трав; в 2006–2016 гг. – заведующей сектором семеноводства многолетних трав.

В 1996 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук на тему «Подбор бобовых и злаковых трав и их смесей для укосного использования на дерново-подзолистых почвах».

Надежда Владимировна Кабанова – автор более 50 научных публикаций, в том числе одной монографии, ряда рекомендаций и технологических регламентов. Выполненные ею исследования охватывают широкий спектр вопросов улучшения луговых земель и повышения их продуктивности. Особое место в биографии Н. В. Кабановой занимает период, когда она возглавила работу по семеноводству многолетних трав. Ей удалось провести многофакторные опыты по оптимизации возделывания на семена злаковых трав пастбищного типа (мятлика лугового и овсяницы красной), клевера гибридного.

В Институте мелиорации Надежда Владимировна Кабанова проработала почти 45 лет. Она зарекомендовала себя высококвалифицированным, исполнительным и целеустремленным научным сотрудником, пользующимся авторитетом и уважением. Такие люди формируют фундамент научного коллектива.

• ЧТОБЫ ПОМНИЛИ •



**ВИКТОР НИКОЛАЕВИЧ
КОНДРАТЬЕВ**
(26.04.1937 – 07.06.2021)

С глубоким прискорбием мы восприняли весть о том, что 7 июня с. г. ушел из жизни Виктор Николаевич Кондратьев, доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель Республики Беларусь, академик Международной академии экологии и природопользования, советский и белорусский ученый в области машиностроения, механизации мелиоративных и сельскохозяйственных работ.

В. Н. Кондратьев родился 26 апреля 1937 г. в дер. Глыбочица Чечерского р-на Гомельской обл. В 1955 г. он окончил среднюю школу имени Ленина в г. п. Чечерске, в 1958 г. – механическое отделение Гомельского лесотехнического техникума, затем работал в Лунинецком леспромхозе. В том же году был призван на военную службу, где обучался в одногодичной школе авиационных механиков ВВС Дважды Краснознаменного Балтийского флота. Окончив школу на «отлично», в 1959–1961 гг. продолжил служить инструктором по подготовке механиков кислорододобывающих и зарядных станций, занимался подготовкой специалистов для ВМФ.

В 1961 г. поступил на автотракторный факультет Белорусского политехнического института, по окончании которого в 1966 г. стал работать в Минске конструктором СКБ «Мелиормаш». В 1969–1979 гг. Виктор Николаевич – ведущий конструктор НПО «Дормаш». Уже в эти годы проявилось его тяготение к научной деятельности: в 1972–1975 гг. он заочно учился в аспирантуре Белорусского института механизации сельского хозяйства под руководством заслуженного деятеля науки и техники БССР, доктора технических наук, профессора В. А. Скотникова и профессора И. Р. Размысловича. В 1978 г. Кондратьев защитил кандидатскую диссертацию на тему «Изыскание и исследование машин для стабилизации откосов мелиоративных каналов и дамб». В период 1979–1995 гг. он работал старшим научным сотрудником БелНИИМиВХ, затем ведущим и главным научным сотрудником Белорусского НИИ мелиорации и луговодства.

В 1995 г. В. Н. Кондратьев успешно защитил докторскую диссертацию на тему «Разработка технологий и средств механизации для биологических закреплений откосов» по специальности «Мелиорация и орошаемое земледелие» и избран действительным членом МАЭП (г. Москва), а в 1999 г. ему было присвоено ученое звание профессора по специальности «Автоматизация и механизация».

В 1979–1995 гг. Виктор Николаевич работал старшим научным сотрудником БелНИИМиВХ, ведущим и главным научным сотрудником Белорусского НИИ мелиорации и луговодства. В 1996–2006 гг. заведовал лабораторией «Механизация эксплуатационных работ», а в 2006–

2020 г. работал главным научным сотрудником РУП «Институт мелиорации» Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по земледелию.

Основные научные исследования В. Н. Кондратьева связаны с усовершенствованием и созданием новых индустриальных технологий и средств механизации по защите биологическими способами откосов земляных инженерных сооружений от водной и ветровой эрозии. Он разработал теорию создания конструкций и эксплуатации средств механизации для защиты земляных сооружений от водной и ветровой эрозии гидропосевом многолетних трав; теорию и методику исследований распределения суспензий по наклонным плоскостям; исследовал влияние физико-механических свойств суспензий на технологические, технико-механические показатели и работоспособность средств механизации. Им разработаны и реализованы методика оптимизации параметров перемешивающего устройства; методика определения влияния конструктивных элементов гидравлических систем гидросеялок на равномерность распределения суспензий; математические модели по оптимизации параметров конструкций рабочих органов гидросеялок; созданы новые варианты химических добавок в суспензии и посевные материалы; проведен теоретический анализ составляющих компонентов суспензий и их влияния на качество дернины через механизм равномерного пропорционального распределения биологических групп семян на засеваемой поверхности.

Результаты исследований опубликованы В. Н. Кондратьевым в более чем 600 научных работах: в 5 монографиях, 30 рекомендациях и других нормативных документах, 3 учебных пособиях для вузов, методических указаниях, инструкциях. Он автор 4 справочников по мелиоративным и сельскохозяйственным машинам, технологических карт по закреплению откосов каналов, дамб и дорог, технических условий на изготовление машин. За период 1970–2017 гг. ученым получено более 250 авторских свидетельств на изобретения, промышленные образцы машин, полезные модели.

Помимо научной деятельности, Виктор Николаевич занимался и педагогической: так, в 1979–1995 гг. он работал доцентом на кафедре сельхозмашин БГАТУ, в 2004–2011 гг. – профессором кафедры производственного обучения. Под его руководством защищено четыре кандидатских диссертации.

Многолетний добросовестный труд Виктора Николаевича отмечен государственными и общественными наградами. В 1979 г. за большой вклад в развитие механизации сельскохозяйственного производства ему присвоено почетное звание «Заслуженный изобретатель Белорусской ССР» и в 2001 г. – звание «Лучший изобретатель Минской области» за многолетнюю плодотворную изобретательскую деятельность. В. Н. Кондратьев награжден медалями «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В. И. Ленина» и «Ветеран труда», знаком «Ударник XI пятилетки», многими серебряными и бронзовыми медалями ВДНХ СССР, медалью «Изобретатель СССР», медалью Всероссийского выставочного центра, четырьмя знаками ВОИР «Отличник изобретательства и рационализации», Почетными грамотами Минводхоза СССР и Минсельхозпрода Республики Беларусь, Почетным знаком ДОСААФ СССР, Почетными грамотами ВАК Беларуси, НАН Беларуси и Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь и др.

К сожалению, Виктора Николаевича нет с нами, но осталось его научное наследие, ученики, которые будут продолжать дело своего наставника. Осталась добрая и светлая память об отзывчивом, душевно щедром, подлинно интеллигентном человеке. Знающий и деятельный специалист, служение науке которого стало настоящим призванием, делом всей жизни, – таким он останется в нашей памяти навсегда. Выражаем искренние соболезнования, слова сочувствия родным, близким, всем, кто знал и уважал Виктора Николаевича Кондратьева.

Ученики В. Н. Кондратьева
Т. Г. Свиридович и В. А. Болбышко,
кандидаты технических наук

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. В журнале печатаются оригинальные материалы, не опубликованные ранее в других печатных изданиях.

2. Статья должна быть направлена в редакцию журнала «Мелиорация» в соответствии с **Порядком предоставления рукописей статей**, представленном на сайте РУП «Институт мелиорации». Режим доступа: <https://niimel.by>, «журнал «Мелиорация».

3. Статья должна быть написана на русском языке и включать блок информации на английском языке.

4. Объем статьи должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 тыс. печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), но не более 0,5 авторского листа (20 тыс. печатных знаков), включая текст, иллюстрации, таблицы, библиографию.

5. Представляемые материалы должны включать следующие элементы: индекс по Универсальной десятичной классификации (УДК); ключевые слова на русском и английском языках; аннотацию на русском и английском языках (500 знаков); введение; методы и методику исследования; основную часть, включающую графики и рисунки; заключение, завершаемое четко сформулированными выводами; список цитированных источников, согласно Постановлению ВАК Беларуси от 28.02.2014 № 3 (гл. 5. Структура и оформление научных публикаций по теме диссертации).

6. В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по исследуемой проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

7. Основная часть статьи должна содержать описание методики, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных автором (авторами). Полученные результаты должны быть обсуждены с точки зрения их научной новизны и сопоставлены с соответствующими известными данными.

8. В разделе «Заключение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

9. Библиографический список оформляется в соответствии с Приказом ВАК Республики Беларусь от 25.06.2014 № 159, располагается в конце текста, источники нумеруются согласно порядку цитирования в тексте и заключаются в квадратные скобки (например: [1], [2]). Обязательно указывается общее количество страниц в книге или номера страниц от начала до окончания статьи. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

10. Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, должны быть пронумерованы в соответствии с порядком цитирования в тексте.

11. Тексты статей набираются кеглем 11, шрифт – Arial Narrow, междустрочный интервал – 1,2, отступ – 1. Обязательно прилагаются распечатанные на бумажных листах 2 экземпляра статьи, подписанные авторами.

12. Электронный вариант следует набирать в Microsoft Word, формулы – в формульном редакторе Office. Вставку символов выполнять через меню «Вставка\Символ». Выключку вверх и вниз (H2, H1) выполнять через меню «Формат\Шрифт\Верхний индекс», «Формат\Шрифт\Нижний индекс». Латинские буквы набираются курсивом. Греческие буквы и другие математические знаки брать из гарнитуры «Symbol». Математические формулы (lim, sum, ln, sin, Re, Im и т. д.) и цифры набираются прямым начертанием.

13. Рисунки представляются в виде отдельных файлов в формате TIFF или JPEG 300—600 точек на дюйм. Текст на рисунках должен быть набран гарнитурой Arial, курсив. Размер кегля соизмерим с размером рисунка (желательно кегль 8). Площадь простых рисунков не должна превышать 100–150 см², размер сложных – не более 130–160 см².

14. Размерность всех величин, используемых в статьях, должна соответствовать Международной системе единиц измерения (СИ).

15. Редакция оставляет за собой право сокращать текст и вносить в него редакционные правки.

Уважаемые читатели!

В 2019 году распоряжением Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 февраля 2019 года №21-р наш журнал включен в Перечень научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Приглашаем научных работников Беларуси и ближнего и дальнего зарубежья присылать статьи для размещения в журнале «Мелиорация».

Адрес электронной почты: info@niimel.by, redaktor@niimel.by