

Е.М. ГУСЕВ, Л.Я. ДЖОГАН

Федеральное бюджетное государственное учреждение науки Институт водных проблем РАН

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АГРОТЕХНОЛОГИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА, УРОЖАЙНОСТЬ, ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ И ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОСЕВОВ ПШЕНИЦЫ В СТЕПНОЙ И ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНАХ РУССКОЙ РАВНИНЫ

Рассматривается задача расчета увеличения водообеспеченности и урожайности агроэкосистем за счет применения мульчирования и сокращенной (минимальной) обработки почвы, а также прогнозирования эффективности мульчирования в различных природных условиях на основе более или менее универсальной методики модельного воспроизведения водного режима агроэкосистемы. Исследовано влияние мульчирующего покрытия почвы растительными остатками на ряд характеристик водного режима и урожайности озимой пшеницы на сельскохозяйственных полях степной и лесостепной зон восточной и южной частей Русской равнины. Показано, что мульчирование почвы растительными остатками в сочетании с безотвальной обработкой почвы является наиболее эффективной агротехнологией для исследуемых районов. Проведена оценка эколого-энергетической и экономической эффективности различных агротехнологий в сельскохозяйственных посевах с учетом их влияния на энергию почвы. Показано, что экологически более обоснованная и более природоподобная агротехнология, связанная с минимальной обработкой почвы в сочетании с мульчированием ее поверхности растительными остатками, оказывается не дороже использования агрессивной, по отношению к биосфере традиционной агротехнологии, основанной на глубокой вспашке и применении орошения, а даже дешевле.

Водообеспеченность агроэкосистем, урожайность, мульчирование, физико-математическое моделирование, энергетическая эффективность, природоподобные технологии.

Введение. В настоящей работе рассматривается возможность рационального использования природных ресурсов (воды, почвы и энергии), которые взаимосвязаны, в частности, через цепочку связей «вода – энергия – продовольствие» [1]. В связи с этим в работе ставится задача расчета увеличения водообеспеченности и урожайности агроэкосистем за счет применения мульчирования и сокращенной (минимальной) обработки почвы, а также прогнозирования эффективности мульчирования в различных природных условиях на основе более или менее универсальной методики воспроизведения водного режима агроэкосистемы.

Объекты и методы исследования.

Рассматриваемая для решения поставленной задачи территория охватывает юг Европейской части России (включая Крым) и юго-восточную часть Украины (рис. 1). Регион расположен в степной и лесостепной зонах, характеризуется полузасушливым климатом. Поэтому здесь можно ожидать наивысшей эффективности мульчирования.

Основным методическим инструментарием являлась разработанная авторами модель тепловлагообмена в агроэкосистемах MULCH. Подробное описание модели MULCH, воспроизводящей процессы формирования водного режима на сельскохозяйственных полях, покрытых слоем соло-

менной мульчи, представлено в работе [2, 3]. Модель позволяет рассчитывать динамику составляющих водного баланса в корнеобитаемом слое почвы, (его глубина была принята равной 1 м), с суточным временным шагом для периода от таяния снежного покрова до момента возникновения отрицательных температур воздуха. Она предназначена для оценки эффективности мульчирования с точки зрения увеличения водообеспеченности и урожайности сельскохозяйствен-

ных культур в степной и лесостепной зонах планеты. Важным этапом работы является подготовка информационного обеспечения модели. Модель включает (1) информацию о входных гидрометеорологических характеристиках: количестве осадков, скорости ветра, температуре и влажности воздуха, радиационном балансе и начальных (весенних) запасах почвенной влаги, (2) гидрофизических параметрах почвы, (4) параметрах мульчи и (5) типе растительности [2].

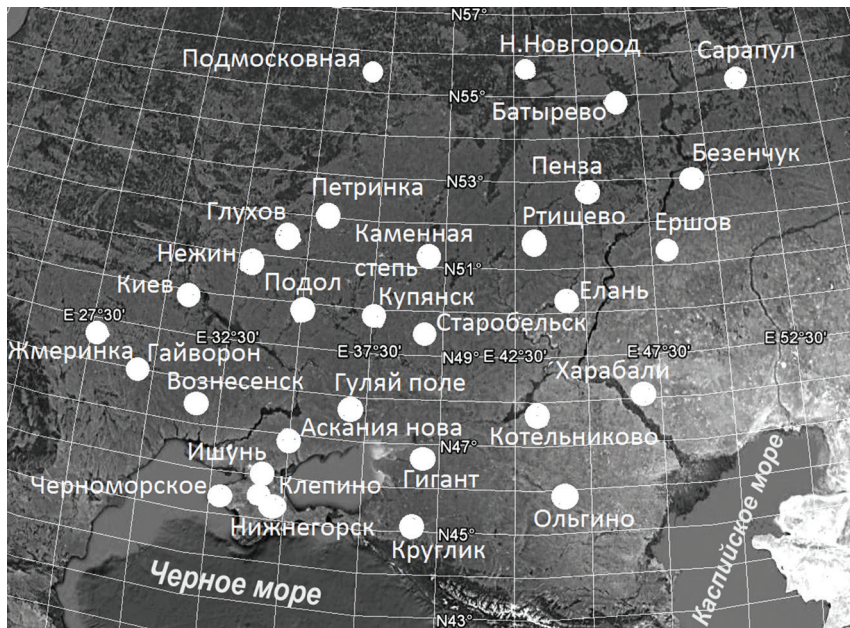


Рис. 1. Расположение агрометеорологических станций по исследуемому региону

Проверка модели MULCH выполнялась с использованием различных экспериментальных данных [2, 3]. Была исследована её способность воспроизводить (1): испарение оголенной почвы ES без мульчирующего слоя, (2) испарение с почвы, покрытой растительной мульчей, при достаточном увлажнении почвы (3), динамику влагозапасов почвы для сельскохозяйственных экосистем без мульчи на полях ряда агрометеорологических станций, расположенных в полузасушливых и засушливых районах степной и лесостепной зон Европейской части РФ. Сравнение смоделированных и измеренных данных продемонстрировало возможность применения модели MULCH для решения поставленной в работе задачи: оценки эффективности мульчирования почвы с точки зрения повышения водообеспеченности сельскохозяйственных экосистем.

В рассмотренном в работе регионе, как правило, можно пренебречь летним поверхностным стоком Y и водообменом между

корнеобитаемым слоем почвы и нижележащими слоями Q , что позволяет использовать при расчетах уравнение водного баланса корнеобитаемого слоя почвы в следующем виде:

$$\frac{\partial V}{\partial t} = P - ET, \quad ET = E_T + E_S + E_m, \quad (2)$$

где t – время, V – продуктивные запасы воды в корнеобитаемом слое почвы, равные разности между влагозапасами в корнеобитаемом слое почвы и ее влагозапасами, которые соответствуют влажности завядания, P – осадки, ET – эвапотранспирация, E_T – транспирация, E_S – испарение воды почвой, E_m – испарение воды мульчей. Методика расчета компонентов суммарного испарения ET , ES и E_m представлена в [2, 3].

В качестве входных метеорологических данных и исходных (весенних) значений влагозапасов почвы использовались данные стандартных наблюдений (за 30-50 лет в конце XX в.), приведенных на рис. 1 агрометеорологических станций [4]. Гидрофизические параметры почв также получе-

ны по результатам полевых исследований, проведенных на выбранных объектах. Динамика относительной площади листьев пшеницы LAI рассчитывалась с помощью модельного блока формирования LAI в модели MULCH, описанного в [2, 5, 6]. Параметры соломенной мульчи, необходимые для проведения расчетов на основе модели MULCH, были определены в ходе полевых экспериментов [7].

Для сравнения изменений водного режима сельскохозяйственной системы при изменении применяемой агротехнологии были использованы следующие показатели [2]:

$$\eta_w = E_T / E_{TP}, \quad \eta_e = E_T / ET, \quad (3)$$

где E_{TP} – потенциальная транспирация, ET – эвапотранспирация. Индекс η_w , представляющий отношение фактической транспирации к ее потенциально возможному значению, характеризует водообеспеченность растительного покрова, а η_e можно рассматривать как эффективность использования водных ресурсов почвы растительным покровом. Расчет указанных показателей проводился с использованием значений E_{TP} , ET , ET , полученных с помощью модели MULCH. Для определения эффективности мульчирования почвы указанные показатели и урожайность озимой пшеницы рассчитывались как при наличии, так и при отсутствии мульчирующего слоя на поверхности почвы.

Рассмотрена энергетическая эффективность различных сельскохозяйственных технологий, таких как: (1) глубокая вспашка почвы без орошения, (2) глубокая вспашка почвы с орошением, и (3) безотвальная обработка почвы (культивация), выполняемая плоскорезами, противоэрозионными культиваторами, луцильниками и т.д., с мульчированием ее поверхности растительными остатками. Данные технологии сельскохозяйственного выращивания обычно используются для производства пшеницы в различных регионах степной и лесостепной зон Европейской части России. При энергетическом подходе земледелие выступает одновременно как в качестве потребителя поступающей в агроэкосистему энергии, связанной с приходящей солнечной радиацией E_{sn} и с различными источниками антропогенной энергии E_{in} , так и в качестве ее производителя в форме химической энергии продуктов питания и органического сырья E_{out} . Совокупная антропогенная энергия E_{sn} складывается из энергетических затрат на технологические процессы по выращиванию и сбору урожая, на производство и эксплуатацию

техники и оборудования, их амортизацию, капитальные вложения, ирригацию, получение топлива, минеральных удобрений и т.п. При этом учитывается также влияние исследуемой агротехнологии на энергию почвы, поскольку сельскохозяйственные технологии приводят к изменению содержания органического вещества (гумуса) в почве [6]. Полученный таким образом критерий энергетической эффективности использования той или иной агротехнологии можно определить следующим способом [6]:

$$K = \frac{E_{out} + \Delta E_s}{E_{in}}, \quad (4)$$

где ΔE_s – изменение энергии почвы за соответствующий промежуток времени (например, год). Методика оценки энергетических составляющих в уравнении (5) приведена в [6].

Результаты и обсуждение исследований. Сравнение полученных показателей водообеспечения посевов и разницы урожайности на богарных полях пшеницы при наличии и отсутствии мульчирующего слоя позволило оценить эффективность мульчирования. Анализ полученных результатов показал, что мульчирование приводит к заметным изменениям водного режима сельскохозяйственных полей и урожайности культур при увеличении высоты мульчирующего слоя до 4-5 см. Дальнейшее увеличение толщины мульчи практически не влияет на показатели η_w и η_e . Поэтому дальнейший анализ результатов будет проведен именно для такой толщины мульчирующего покрытия (равной 5 см).

В силу ограниченности объема статьи рассмотрим изменение только одного из указанных выше показателей – η_w , а также изменение урожайности посевов пшеницы при применении мульчирования (при этом обработка почвы ведется методом культивации) по сравнению с традиционной технологией глубокой вспашки без мульчирования. Полученные результаты показали, что применение мульчирующего покрытия приводит в среднем к увеличению η_w на 10-15%. На рисунке 2 показано пространственное распределение среднего приращения урожайности озимой пшеницы при применении мульчирования. Как видно (рис. 2), в лесостепной и степной зонах прирост в основном равен 3-5 ц / га, изменяясь с 5-7 ц/га в более влажных северных, северо-западных и центральных районах до 2 ц/га в южных засушливых регионах.

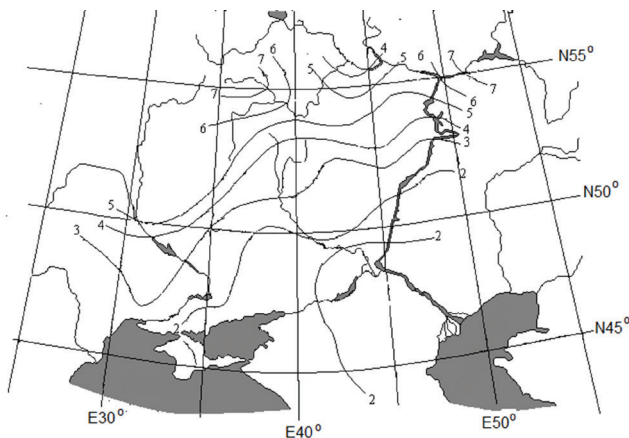


Рис. 2. Увеличение среднемноголетней урожайности озимой пшеницы на богарных полях (ц/га) при использовании мульчирования поверхности почвы растительными остатками

На рисунке 3 дан пример оценки коэффициента энергетической эффективности K (4) для сравнения вышеупомянутых технологий обработки почвы, которые использовались при получении урожая пшеницы на четырех агрометеорологических станциях, расположенных в Европейской части России: Петринке, Каменной степи, Безенчук и Ершове.

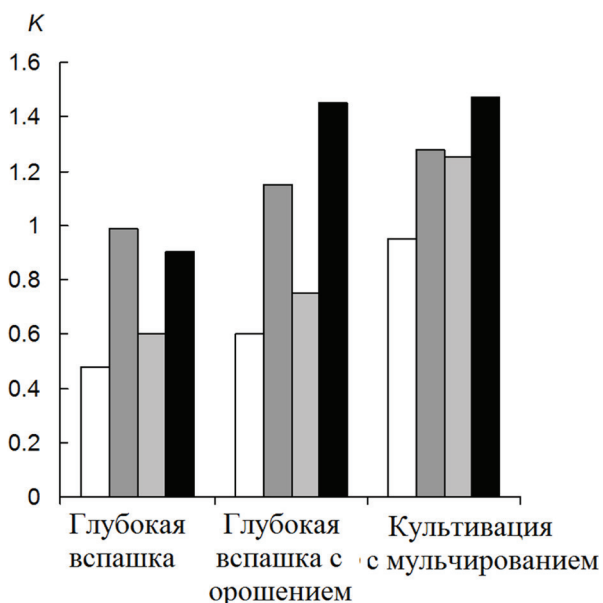


Рис. 3. Энергетическая эффективность различных технологий обработки почвы при производстве пшеницы в районах агрометеорологических станций Ершов (пустые столбцы), Безенчук (темно-серые столбцы), Каменная степь (светло-серые столбцы) и Петринка (черные столбцы)

Полученные оценки энергетической эффективности технологий обработки почвы позволяют сделать вывод, что мульчирование почвы растительными остатками в сочетании с безотвальной обработкой почвы (культивацией) является наиболее эффективной агротехнологией для исследуемых регионов. Эту технологию можно считать наиболее перспективной для развития сельского хозяйства, по крайней мере, в рассмотренном в работе регионе России.

Эффективность использования разных агротехнологий в денежных показателях более субъективна, чем в энергетических, для наглядности попытаемся в первом приближении получить монетарную оценку указанной эффективности. В [8] полагается, что около 10% пахотных земель в вододефицитных и засушливых регионах России нуждаются в орошении для обеспечения более высокой и стабильной урожайности в сельском хозяйстве (именно эти районы и рассматриваются в этой работе). В настоящее же время в России орошается около 4,2% пахотных земель [8].

Рассмотрим две стратегии повышения урожайности пшеницы в российской части рассматриваемого региона: (1) повышение среднемноголетнего годового валового урожая за счет увеличения доли орошаемых земель в регионе до 10%, (2) получение такого же годового валового урожая пшеницы на тех же пахотных землях за счет использования на некоторой части площадей мульчирования почвы растительными остатками в сочетании с сокращенной обработкой почвы (вместо увеличения орошаемых площадей). При этом, поскольку проведенные нами оценки энергетической эффективности использования различных агротехнологий для посевов яровой и озимой пшеницы оказались близкими, мы в первом приближении приняли полученные оценки для озимой пшеницы одинаковыми для всех посевов пшеницы. При проведении оценок энергетических составляющих, входящих в уравнение (5) (с учетом статистических данных по площадям пахотных земель, занятых под посевы пшеницы, для каждой административной области РФ, рассмотренного региона [9, 10]), оказалось, что одинаковые (для двух указанных выше стратегий) годовые валовые урожаи пшеницы для региона в целом ($\sim 6.5 \cdot 10^8$ ГДж/год, что эквивалентно урожаю зерна в 50 млн т/год) достигаются, если для второй стратегии культивирование с муль-

чированием используется на 30% пахотных земель. При этом ежегодные энергетические затраты для второй стратегии на 10^8 ГДж/год меньше, чем для первой. Если эту разницу, выраженную в энергетических единицах, перевести в стоимость объема нефти (с таким же энергосодержанием), то при взятой для определенности цене на нефть ~ 50 \$ за баррель использование второй стратегии ~ на 1 млрд \$ /год дешевле использования первой [1].

Полученная выше экономия для рассмотренного в работе региона при осуществлении второй стратегии относительно мала. Главный аспект здесь заключается в том, что экологически более обоснованная и более природоподобная агротехнология [11, 12], связанная с минимальной обработкой почвы (без несвойственного биосфере оборота пласта) в сочетании с мульчированием ее поверхности растительными остатками (заменяющими присутствующий в естественных степных экосистемах растительный войлок, уменьшающий непродуктивное испарение из почвы и ее эрозию) [2, 12] оказывается не дороже использования агрессивной по отношению к биосфере традиционной агротехнологии, основанной на глубокой вспашке (связанной, как правило, с оборотом пласта) и применении орошения (приводящего к нарушению естественных структур гидрологического цикла), а в какой-то мере даже дешевле.

Библиографический список

1. Gusev Y.M., Dzhogan L.Y., Nasonova O.N. Modelling the impact of mulching the soil with plant remains on water regime formation, crop yield and energy costs in agricultural ecosystems. // Proc. IAHS. 2018. V. 376. P. 77-82.
2. Гусев Е.М. Ресурсы почвенных вод и экология наземного растительного покрова. Концепции, эксперимент, расчеты. – Palmarium Academic Publishing: Saarbrücken, 2012. – 116 с.
3. Гусев Е.М., Джоган Л.Я. Методика оценки влияния мульчирования почвы растительными остатками на формирование водного режима агроэкосистем. // Почвоведение. – 2000. – № 11. – С. 1403-1414.
4. ВНИГМИ-МЦД. Сайт <http://meteo.ru> (дата последнего посещения – 03.02.2018).

5. Гусев Е.М., Бусарова О.Е. Моделирование динамики относительной площади листьев злаковых культур. // Метеорология и гидрология. – 1998. – № 1. – С. 100-107.

6. Гусев Е.М., Бусарова О.Е. Энергетическая оценка эффективности агротехнологий. // Почвоведение. – 2001. – № 7. – С. 832-844.

7. Гусев Е.М., Бусарова О.Е., Шурхно А.А., Ясинский С.В. Влияние соломенной мульчи на термический режим почвы после схода снежного покрова. // Почвоведение. – 1992. – № 5. – С. 49-59.

8. Колганов А. В., Сухой Н.В., Шкура В.Н., Щедрин В.Н. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 222 с.

9. Посевные площади по регионам РСФСР (России) в 1970-2015 г.г. Институт конъюнктуры аграрного рынка. Сайт <http://www.ikar.ru/> (дата последнего посещения – 11.02.2018).

10. Экспертно-аналитический центр агробизнеса Сайт <http://ab-centre.ru/page/rasteniievodstvo-rossii> (дата последнего посещения – 03.02.2018).

11. Ковальчук М., Нарайкин О. Природоподобные технологии – новые возможности и новые угрозы. // Индекс безопасности. – 2016. – Том 22. № 3-4 (118-119), – С. 103-108.

12. Сельскохозяйственные экосистемы. / ред. Карпачевский Л.О. – М.: Агропромиздат, 1987. – 224 с.

Материал поступил в редакцию
02.03.2018 г.

Сведения об авторах

Гусев Евгений Михайлович, доктор биологических наук, зав. Лабораторией физики почвенных вод, ФБГУ науки ИВП РАН 119333, г. Москва, ул. Губкина, д.3, тел: 8(926)4293971, e-mail: sowaso@yandex.ru

Джоган Лариса Яковлевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник Лаборатории физики почвенных вод, ФБГУ науки ИВП РАН 119333, г. Москва, ул. Губкина, д.3, тел: 8(917)5625178, e-mail: ldzhogan@gmail.com

YE.M. GUSEV, L.YA. DZHOGAN

Institute of water problems RAS

INFLUENCE OF DIFFERENT AGRO TECHNOLOGIES ON FORMATION OF WATER REGIME, CROP PRODUCTIVITY, ECOLOGICAL-ENERGETIC AND ECONOMIC EFFICIENCY OF WHEAT CROPS IN THE STEPPE AND FOREST-STEPPE ZONES OF THE RUSSIAN PLAIN

There is considered a problem of calculating the increase in water availability and productivity of agro-ecosystems through the use of mulching and reduced (minimum) soil tillage as well as predicting the mulching efficiency in various natural conditions on the basis of a more or less universal method of model simulation of the water regime of the agro-ecosystems. The influence of the soil mulching covering with plant residues on a number of characteristics of the water regime and winter wheat yield on the agricultural fields of the steppe and forest-steppe zones of the Eastern and southern parts of the Russian plain is investigated. It is shown that mulching of the soil with plant residues in combination with non-tipping of the soil is the most effective agro technology for the studied areas. The assessment of the ecological-energetic and economic efficiency of various agricultural technologies in agricultural sowings taking into account their influence on the soil energy is carried out. It is shown that a more ecologically justified and more natural similar technologies associated with minimum soil tillage (without turnover of the upper soil layer which is unnatural for the biosphere) in combination with mulching of the surface with plant residues (replacing the plant felt present in natural ecosystems, reduces unproductive evaporation from the soil and its erosion) is not more expensive than the aggressive in relation to the biosphere traditional agricultural technologies based on deep plowing (associated usually with the turnover of the upper soil layer) and on the use of irrigation (resulting in violation of natural structures of the hydrological cycle) and to some extent even cheaper.

Water supply of agro systems, crop productivity, mulching, physical-mathematical simulation, energetic efficiency, nature similar technologies.

References

1. Gusev Ye.M., Dzhogan L.Y., Nasonova O.N. Modelling the impact of mulching the soil with plant remains on water regime formation, crop yield and energy costs in agricultural ecosystems // Proc. IAHS. 2018. V. 376. P. 77-82.
2. Gusev Ye.M. Resursy pochvennyh vod i ekologiya nazemnogo rastitel'nogo pokrova. Kontseptsii, experiment, raschety. Palmarium Academic Publishing: Saarbrücken, 2012. 116 s
3. Gusev Ye.M., Dzhogan L.Y. Metodika otsenki vliyaniya muljchirovaniya pochvy rastitel'nymi ostatkami na formirovanie vodnogo rezhima agroekosistem // Pochvovedenie. – 2000. – № 11. – S. 1403-1414.
4. VNIIGMI-MTSD. Sait <http://meteo.ru> (data poslednego poseshcheniya – 03.02.2018).
5. Gusev Ye.M., Busarova O.E. Modelirovanie dinamiki otnositel'noj plshchadi listjev zlakovyh kul'tur // Meteorologiya i gidrologiya. – 1998. – № 1. – S. 100-107.
6. Gusev Ye.M., Busarova O.E. Energeticheskaya otsenka effektivnosti agrotehnologij. // Pochvovedenie. 2001. – № 7. – S. 832-844.
7. Gusev Ye.M., Busarova O.E., Shurhno A.A., Yasinsky S.V. Vliyanie solomennoj muljchi na termichesky rezhim pochvy posle skhoda snezhnogo pokrova // Pochvovedenie. – 1992. – № 5. – S. 49-59.
8. Kolganov A.V., Sukhoj N.V., Shkura V.N., Shchedrin V.N. Razvitie melioratsii zemel sel'skokozyajstvennogo naznacheniya v Rossii. – Novocherkassk: RosNIIPM, 2016. – 222 s.
9. Posevnye plshchadi po regionam RSFSR (Rossii) v 1970-2015 g.g. Institut kon'yunktury agrarnogo rynka. Sait <http://www.ikar.ru/> (data poslednego poseshcheniya – 11.02.2018).
10. Expertno-analiticheskij tsentr agrobiznesa. Sait <http://ab-centre.ru/page/rastenievodstvo-rossii> (data poslednego poseshcheniya – 03.02.2018).
11. Kovaljchuk M., Naraikin O. Prirodopodobnye tehnologii – novye vozmozhnosti i novye ugrozy // Indeks bezopasnosti. – 2016. – Tom 22. № 3-4 (118-119), – S. 103-108.
12. Sel'skokozyajstvennye ekosistemy. Karpachevsky L.O. (red). – M.: Agropromizdat, 1987. – 224 s.

The material was received at the editorial office 02.03.2018

of water problem RAS, tel. 8(926)4293971, e-mail: sowaso@yandex.ru

Dzhogan Larissa Yakovlevna, candidate of geographic sciences, senior researcher of the laboratory of physics of soil water FBSU of science Institute of water problem RAS, tel. 8(917)5625178, e-mail: ldzhogan@gmail.com

Information about the authors

Gusev Yevgeniy Mikhailovich, doctor of biological sciences, head of the laboratory of physics of soil water FBSU of science Institute

УДК 502/504: 633.521: 631.8

DOI 10.26897/1997-6011/2018-3-87-93

И.И. ДМИТРЕВСКАЯ, О.А. ЖАРКИХ, С.Л. БЕЛОПУХОВ

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

Е.М. ШКЛЯР

Компания Общество с ограниченной ответственностью «ЭлПи», г. Москва, Российская Федерация

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ НОВЫЙ БИОРЕГУЛЯТОР РАФИТУР В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА И ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

В условиях Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва) в 2015-2017 гг. проведено исследование влияния биорегулятора Рафитур на культуры лен – долгунец и лен масличный. Обработка растений биорегулятором Рафитур проведена на льне в фазу «елочка» двукратно. Посев льна и уход за ним проведены по стандартным методикам, принятым для выращивания льна в условиях нечерноземной зоны России. Отмечено, что у двух видов льна на фоне применения препарата Рафитур повысились: масса 1000 семян на 17,5-29%, урожайность семян 15-19%, урожайность волокна 10-26%. В химическом составе семян увеличилось белка у льна-долгунца и липидов у льна масличного. При выращивании сельскохозяйственных культур на урбанизированных территориях необходимо проводить контроль качества получаемой продукции на содержание различных токсикантов. В результате обработки растений льна-долгунца и льна масличного препаратом Рафитур происходит снижение содержания тяжелых металлов Cu, Pb в волокне и Cu, Pb, Zn, Cd – в семенах.

Лен-долгунец, лен масличный, качество льнопродукции, препарат Рафитур.

Введение: Интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур предусматривают внесения больших доз пестицидов и агрохимикатов, которые загрязняют почву и соответственно получаемую продукцию растениеводства. Возделывание культур часто проводится без учета степени загрязнения почв, что приводит к получению продукции, содержащей различные токсиканты, значительно превышающие уровни их ПДК [1, 5].

Перспективным направлением повышения продуктивности льна и повышения качества волокна, семян и готовых изделий является использование биорегуляторов и защитно-стимулирующих комплексов природного происхождения. Данные препараты способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных культур, а также улучшают качество получаемой продукции [3, 6].

В связи с этим актуально изучить действие нового биорегулятора природного происхождения Рафитур на урожайность, качество и загрязнение тяжелыми металлами продукции льноводства при выращивании в условиях Полевой опытной станции РГАУ-МСХА, г. Москва.

Цель работы состояла в изучении роста, развития и качества урожая льна-долгунца и льна масличного при выращивании растений на дерново-подзолистых почвах на фоне применения препарата Рафитур и оценить накопление тяжелых металлов льнопродукцией.

В соответствии с поставленной целью были решены ряд задач: установлена динамика роста и развития льна-долгунца и льна масличного при обработке растений препаратом Рафитур; изучено влияние