

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.11:631.423.2(470.61)

DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-83-87

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ
НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНА МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
ПО РАЗЛИЧНЫМ ПРЕДШЕСТВЕННИКАМ
В ЮЖНОЙ ЗОНЕ РОСТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

А.С. Попов, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий отделом технологии возделывания зерновых и пропашных культур, popowaleksey@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;
Г.В. Овсянникова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;
А.А. Сухарев, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории технологии возделывания зерновых культур, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878
ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347730, Ростовская обл., г. Зерноград, Научный городок, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Погодно-климатические условия определяют влагообеспеченность, которая является основным фактором, влияющим на величину урожайности озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения. Исследования проводили на опытном поле лаборатории технологии возделывания зерновых культур Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской» в 2010–2020 гг. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Гумусовый горизонт мощный до 140 см. Содержание гумуса – 3,9%. Цель исследований – установить влагообеспеченность мягкой озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам. Выяснено, что в большинстве лет исследований осенью складывались засушливые условия, и обеспеченность осадками составляла 37%. Растения озимой пшеницы с сентября по июнь были обеспечены осадками на 70%, при дефиците влажности воздуха 1022,55 и потребности в воде – 664,7 мм. Установлено, что в среднем за годы изучения по предшественнику черный пар получению урожайности озимой пшеницы 7,03 т/га способствовала влагообеспеченность на уровне 88%. На формирование тоны зерна расходовалось 591,7 м³ суммарной влаги. Доля осадков в этом расходе влаги составила 84%, а почвенной влаги – 16%. По предшественнику подсолнечник влагообеспеченность составила 77%, а урожайность озимой пшеницы – 5,32 т/га. На формирование тонны зерна расходовалось 657,3 м³ суммарной влаги, что на 65,6 м³ больше, чем по паровому предшественнику. Осадки в этом расходе влаги составили 96%, а доля почвенной влаги – 4%.

Ключевые слова: озимая пшеница, потребность в воде, осадки, влагообеспеченность, урожайность.

Для цитирования: Попов А.С., Овсянникова Г.В., Сухарев А.А. Влияние условий влагообеспеченности на урожайность зерна мягкой озимой пшеницы по различным предшественникам в южной зоне Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2021. № 6(78). С. 83–87. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-78-6-83-87.

**THE EFFECT OF MOISTURE SUPPLY CONDITIONS
ON PRODUCTIVITY OF WINTER BREAD WHEAT,
SOWN AFTER VARIOUS FORECROPS
IN THE SOUTHERN PART OF THE ROSTOV REGION**

A.S. Popov, Doctor of Agricultural Sciences, head of the department of cultivation technology of grain row crops, popowaleksey@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6593-1138;
G.V. Ovsyannikova, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878;
A.A. Sukharev, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for cultivation technology of grain crops, ORCID ID: 0000-0002-4172-0878
Agricultural Research Center “Donskoy”,
347740, Rostov region, Zernograd, Nauchny Gorodok, 3; e-mail: vniizk30@mail.ru

Weather and climatic conditions determine moisture supply, which is the main factor affecting winter wheat productivity in the area of unstable moisture. The current study was carried out on the experimental plot of the laboratory for cultivation technology of grain crops of the FSBSI Agricultural Research Center “Donskoy” in 2010–2020. The soil of the experimental plot was ordinary calcareous heavy loamy blackearth (chernozem). The humus horizon was powerful up to 140 cm. The humus content was 3.9%. The purpose of the study was to establish the moisture supply of winter bread wheat when cultivated according to various forecrops. There has been found that the autumn periods in the most years of study were arid with 37% of precipitation. Winter wheat plants from September to June were provided with 70% of precipitation, with a 1022.55 of air humidity deficit and 664.7 mm of water demand. There was found that, on average over the years of study, 88% of moisture supply promoted yielding of 7.03 t/ha of winter wheat sown in weedfree fallow. In order to yield a ton of grain there was required 591.7 m³ of total moisture. The share of precipitation in this moisture consumption was 84%, and the share of soil moisture was 16%. When sown after sunflower, moisture

provision was 77%, and winter wheat yield was 5.32 t/ha. In order to yield a ton of grain there was required 657.3 m³ of total moisture, which was on 65.6 m³ more than in the variant with a weedfree fallow. The share of precipitation in this moisture consumption was 96%, and the share of soil moisture was 4%.

Keywords: winter wheat, water demand, precipitation, moisture supply, productivity.

Введение. Почвенно-климатические ресурсы Ростовской области благоприятны для возделывания многих полевых культур, в том числе и озимой пшеницы (Алабушев, 2012). В последние годы в мире наблюдается изменение погодно-климатических условий (Alemu and Dioha, 2020; Dioha and Kumar, 2020; Trnka et al., 2021). Изменение проявляется в повышении среднегодовой температуры воздуха и снижении количества осадков в весенне-летний период (Алабушев и Попов, 2015; Алабушев и др., 2017). При недостаточном увлажнении и высокой температуре воздуха возникает атмосферная и почвенная засуха, сопровождаемая суховеями, которые угнетают выращиваемые сельскохозяйственные культуры (Ионова и др., 2019). В зоне неустойчивого увлажнения складывающиеся гидротермические условия определяют нестабильность урожаев озимой пшеницы (Самофалова и др., 2019).

Цель исследований – определить условия влагообеспеченности мягкой озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам в южной зоне Ростовской области.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на опытном поле севооборота лаборатории технологии возде-

львания зерновых культур Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской» (ФГБНУ «АНЦ «Донской») в 2010–2020 гг. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Гумусовый горизонт мощный до 140 см. Содержание гумуса – 3,9%.

Исследования проводили по общепринятым методикам. Определение потребности в воде выполняли по А.М. Алпатьеву (1954), коэффициент влагообеспеченности – по М.К. Каюмову (1977). Закладку и проведение опыта, учет урожайности проводили по Методике полевого опыта Б.А. Доспехова (2011).

Изучаемые предшественники – черный пар и подсолнечник. Использовали сорта мягкой озимой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Анализ метеорологических условий проводили по данным метеостанции «Зерноград».

Результаты и их обсуждение. В южной зоне Ростовской области средняя сумма осадков за 2010–2020 гг. составила 537,4 мм, что было незначительно меньше среднемноголетнего значения – 544,8 мм (табл. 1).

1. Количество осадков за сельскохозяйственный годы и в отдельные периоды, мм (2010–2020 гг.)

1. Precipitation in agricultural years and in certain periods, mm (2010–2020)

Сельскохозяйственный год	Всего	+,- к норме за год	Периоды вегетации озимой пшеницы			
			сентябрь-октябрь	ноябрь-март	апрель-июнь	сентябрь-июнь
2010–2011	486,1	-58,7	70,6	222,5	136,8	429,9
2011–2012	576,4	+31,6	134,8	206,8	158,3	499,9
2012–2013	497,6	-47,2	42,8	263,3	85,2	391,3
2013–2014	519,9	-24,9	156,8	172,3	163,5	492,6
2014–2015	600,3	+55,5	86,8	199,7	266,8	553,3
2015–2016	659,0	+114,2	49,1	355,7	192,6	597,4
2016–2017	589,2	+44,4	66,6	236,7	205,2	508,5
2017–2018	453,6	-91,2	73,8	277,4	25,9	377,1
2018–2019	527,9	-16,9	58,2	282,8	101,9	442,9
2019–2020	463,7	-81,1	67,4	154,0	136,9	358,3
В среднем за 10 лет	537,4	-7,4	80,7	237,1	147,3	465,1
Среднемноголетнее значение (1930–2020 гг.)	544,8	–	77,3	212,5	154,7	444,5

Анализируемые годы отличались неравномерностью выпадения осадков, как, в общем их количестве, так и в отдельные месяцы. По сумме осадков четыре года отличались превышением среднемноголетних значений на 31,6 мм (2011–2012 с.-х. г), 55,5 мм (2014–2015 с.-х. г), 114,2 мм (2015–2016 с.-х. г) и 44,4 мм (2016–2017 с.-х. г).

Шесть лет из десяти за год выпало меньшее количество осадков в сравнении со среднемноголетним значением и состави-

ло от 16,9 до 91,2 мм. Количество осадков за сентябрь-октябрь в среднем за 2010–2020 гг. составило 80,7 мм, что было на уровне среднемноголетних данных (77,3 мм). Три года из десяти за эти месяцы осадков выпало 134,8, 156,8 и 86,8 мм, что значительно превышало среднее значение. В большинстве лет осенью выпадало осадков меньше среднемноголетних значений (от 42 до 73,8 мм).

В зимний период озимой пшеницы меньшее количество осадков по сравнению с сред-

немноголетними значениями (212,5 мм) выпало за четыре года: 2011–2012 с.-х. г. – 206,8 мм; 2013–2014 с.-х. г. – 172,3 мм; 2014–2015 с.-х. г. – 199,7 мм; 2019–2020 с.-х. г. – 154,0 мм. В остальные годы наблюдалось большее количество выпадающих осадков до 237,1 мм, по сравнению со среднемноголетними данными.

В годы исследований с апреля по июнь, в период активной вегетации озимой пшеницы, в среднем выпадало 147,3 мм осадков (норма – 154,7 мм). Наименьшее количество осадков в данный период отмечено в 2018 году – 25,9 мм, или 16,7% нормы, а максимальное в 2015 году – 266 мм. Из десяти лет наблюдений пять лет наблюдалось превышение

количества осадков относительно среднемноголетней нормы и пять лет недостаток их.

Отмечено, что годы дефицита осадков в период с апреля по июнь совпадают с годами меньшего количества осадков в период с сентября по июнь. В среднем за анализируемые годы с сентября по июнь выпадало 465,1 мм осадков, что больше среднемноголетнего количества на 20,6 мм.

Сумма дефицитов влажности воздуха составила: в осенний период до прекращения вегетации – 333,9 мм; за период активной вегетации (апрель-июнь) – 688,6 мм и за весь вегетационный период (сентябрь-июнь) – 1022,5 мм (табл. 2).

2. Потребность в воде и обеспеченность осадками озимой пшеницы (среднее за 2010–2020 гг.)

2. Water demand and precipitation level of winter wheat (mean in 2010–2020)

Показатель	Сентябрь-октябрь	Апрель-июнь	Сентябрь-июнь
Сумма дефицитов влажности воздуха, мм	333,9	688,6	1022,5
Потребность растений в воде, мм	217,1	447,6	664,7
Сумма осадков, мм	80,7	147,3	465,1
Обеспеченность осадками, %	37	33	70

За годы исследований (2010–2020 гг.) в период вегетации растений озимой пшеницы потребность в воде изменялась. Осенью от всходов до прекращения вегетации она составила 217,1 мм, с апреля по июнь – 447,6 мм, а за всю вегетацию (сентябрь-июнь) – 664,7 мм.

В сложившихся гидротермических условиях озимая пшеница была обеспечена осадками в осенний период на 37%, в период активной вегетации весенне-летнего периода – на 33%.

В среднем за 10 лет, несмотря на низкую обеспеченность осадками в осенний и весенний периоды, в целом за вегетацию растения озимой пшеницы были обеспечены влагой на 70% благодаря осадкам, выпадающим в зимний период.

Из-за нестабильности выпадения осадков их обеспеченность по годам колебалась от 44 до 96% (табл. 3).

3. Влагообеспеченность растений озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам, сентябрь-июнь (2010–2020 гг.)

3. Moisture supply of winter wheat when cultivating according to various forecrops, September-June (2010–2020)

Сельскохозяйственный год	Запас влаги в слое почвы 0–100 см к моменту посева, мм		Потребность в воде, мм	Обеспеченность осадками, %	Влагообеспеченность по предшественникам	
	черный пар	подсолнечник			черный пар, %	подсолнечник, %
2010–2011	91,6	5	547,5	79	95	79
2011–2012	81,5	1,1	659,2	76	88	76
2012–2013	100,9	48,6	771,4	51	64	57
2013–2014	130,1	85,4	526,7	94	118	110
2016–2015	126,8	35,5	577,5	96	118	102
2015–2016	76,1	4,5	670,5	89	100	90
2016–2017	99,1	25,1	540,9	94	112	99
2017–2018	98,7	18,6	850,0	44	58	49
2018–2019	82,4	9,2	830,8	53	63	54
2019–2020	34,2	0	672,2	53	58	53
В среднем	92,1	23,3	664,7	70	88	77

Перед посевом озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник за годы изучения (2010–2020) содержание продуктивной влаги в метровом слое почвы составило 23,3 мм. На уровне удовлетворительного значения отмечалась только осень 2014 года (85,4 мм). Осенью 2019 года продуктивная влага в слое почвы 0–100 см отсутствовала, а в остальные годы ее

содержание было очень низкое (1,1–48,6 мм). Недостаточная влагообеспеченность после подсолнечника способствует получению всходов пшеницы после выпадающих осадков.

По этому предшественнику влагообеспеченность почвы составила: два года из десяти – 102–110%; два года – 90–99%, а в остальные шесть лет – от 49 до 79%.

Предшественник черный пар в условиях Ростовской области обеспечивает накопление влаги, необходимой для получения всходов и гарантированного формирования урожая при засушливых условиях.

Среднее содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см в проведенных исследованиях по данному предшественнику на момент посева составило 92,1 мм, что было достаточным для получения всходов. В 2019 году всходы были получены только после выпавших осадков (содержание продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см – 31,2 мм).

По предшественнику черный пар шесть лет из десяти отмечена высокая влагообеспе-

ченность растений озимой пшеницы (до 118%) и четыре года – 58–64%, что ниже средней.

В среднем за 2010–2020 гг. по предшественнику черный пар озимая пшеница была обеспечена влагой на 88%, а по предшественнику подсолнечник – на 77% и значения эти определялись количеством выпавших осадков в период вегетации.

Для формирования урожайности озимой пшеницы 7,03 т/га по предшественнику черный пар расходовалось 591,7 м³/т, а суммарный расход влаги с 1 га составил 416,2 мм (табл. 4). Осадки в этом расходе влаги составили 84%, а доля почвенной влаги – 16%.

4. Водопотребление озимой пшеницы по предшественникам (среднее за 2010–2020 гг.) 4. Water consumption of winter wheat according to forecrops (mean in 2010–2020)

Показатель	Предшественник	
	черный пар	подсолнечник
Запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см к посеву, мм	92,1	23,3
Остаточные запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см к уборке, мм	24,8	22,5
Полезные осадки за вегетацию (75%), мм	348,8	348,8
Суммарный расход влаги, мм/га	416,2	349,7
Урожайность, т/га	7,03	5,32
Суммарный расход влаги, м ³ /т:	591,7	657,3
доля влаги осадков, %	84	96
доля продуктивной влаги почвы, %	16	4

По предшественнику подсолнечник в среднем за годы изучения (2010–2020 гг.) озимая пшеница формировала более низкий уровень урожайности (5,32 т/га), чем по предшественнику черный пар и расходовала на это в сумме 349,7 мм влаги. На тонну зерна при этом расходовалось 657,3 м³, что на 65,6 м³ больше, чем по предшественнику черный пар. Осадки в этом расходе влаги составили 96%, а доля почвенной влаги – 4%.

Влагообеспеченность озимой пшеницы по изучаемым предшественникам определяется выпадающими осадками в период вегетации (Алабушев и др., 2017; Попов, 2019), а суммарная влага используется на 94%.

Выводы. В южной зоне Ростовской области за вегетацию озимой пшеницы растения были обеспечены осадками на 70%. Однако с учетом содержания запасов продуктивной влаги в почве до посева по предшественнику черный пар влагообеспеченность озимой пшеницы составила 88%, а по предшественнику подсолнечник – 77%.

Суммарное потребление влаги по обоим изучаемым предшественникам составило 94%. По предшественнику черный пар при формировании единицы урожайности расходовалось 84% осадков и 16% почвенной влаги.

По предшественнику подсолнечник при формировании единицы урожайности расходовалось 96% осадков и 4% почвенной влаги.

Библиографические ссылки

1. Алабушев А.В. Состояние и пути эффективной отрасли растениеводства (избранные труды). Ростов н/Д.: ЗАО «Книга», 2012. 234 с.
2. Алабушев А.В., Попов А.С. Влияние времени прекращения осенней вегетации и возобновления весенней вегетации на урожайность твердой озимой пшеницы // Аграрный вестник Урала. 2015. № 11(141). С. 6-11.
3. Алабушев А.В., Янковский Н.Г., Овсянникова Г.В., Попов А.С., Сухарев А.А. Анализ погодных условий в южной зоне Ростовской области за 1930-2015 годы // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 1. С. 23-27.
4. Алпатьев А.М. Влагооборот культурных растений. Л.: Гидрометеиздат, 1954. 248 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: ИД Альянс, 2011. 6-е изд., Стереотип. 352 с.
6. Ионова Е.В., Лиховидова В.А., Лобунская И.А. Засуха и гидротермический коэффициент увлажнения как один из критериев оценки степени ее интенсивности (обзор литературы) // Зерновое хозяйство России. 2019. № 6(66). С. 18-22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.
7. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаяев. М.: Россельхозиздат, 1977. 188 с.
8. Попов А.С. Влагообеспеченность посевов твердой озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 11. С. 10-13. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11102.

9. Самофалова Н.Е., Дубинина О.А., Самофалов А.П., Иличкина Н.П. Роль метеофакторов в формировании продуктивности озимой твердой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2019. № 5(65). С.18-23. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-18-23.
10. Alemu Z.A., Dioha M.O. Climate change and trend analysis of temperature: the case of Addis Ababa, Ethiopia // Environ Syst Res 9, 27 (2020). DOI:10.1186/s40068-020-00190-5.
11. Dioha M.O., Kumar A. Exploring greenhouse gas mitigation strategies for agriculture in Africa: The case of Nigeria // Ambio 49, 1549–1566 (2020). DOI: 10.1007/s13280-019-01293-9.
12. Trnka M., Balek J., Brázdil R., Dubrovský M., Eitzinger J., Hlavinka P., Chuchma F., Možný M., Prášil I., Růžek P., Semerádová D., Štěpánek P., Zahradníček P., Žalud Z. Observed changes in the agroclimatic zones in the Czech Republic between 1961 and 2019 // Plant Soil Environ, 67: 154–163. (2021) DOI: 10.17221/327/2020-PSE.

References

1. Alabushev A.V. Sostoyanie i puti effektivnoj otrasli rastenievodstva (izbrannye trudy) [The state and ways of an effective crop production industry (selected works)]. Rostov n/D.: ZAO «Kniga», 2012. 234 s.
2. Alabushev A.V., Popov A.S. Vliyanie vremeni prekrashcheniya osennej vegetacii i vozobnovleniya vesennej vegetacii na urozhajnost' tverdoj ozimoi pshenicy [The effect of the time of autumn vegetation termination and spring vegetation resumption on durum winter wheat productivity] // Agrarnyj vestnik Urala. 2015. № 11(141). S. 6-11.
3. Alabushev A.V., Yankovskij N.G., Ovsyannikova G.V., Popov A.S., Suharev A.A. Analiz pogodnyh uslovij v yuzhnoj zone Rostovskoj oblasti za 1930-2015 gody [Analysis of weather conditions in the southern part of the Rostov region for 1930-2015] // Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. 2017. № 1. S. 23-27.
4. Alpat'ev A.M. Vлагооборот kul'turnyh rastenij [Moisture turnover of cultivated plants]. L.: Gidrometeoizdat, 1954. 248 s.
5. Dospel'khov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Methodology of a field trial (with the basics of statistical processing of the study results)]. M.: ID Al'yans, 2011. 6-e izd., Stereotip. 352 s.
6. Ionova E.V., Lihovidova V.A., Lobunskaya I.A. Zasuha i gidrotermicheskoj koefficient uvlazhneniya kak odin iz kriteriev ocenki stepeni ee intensivnosti (obzor literatury) [Drought and hydrothermal moisture coefficient as one of the criteria for assessing its intensity degree (literature review)] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. №6 (66). S. 18-22. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-66-6-18-22.
7. Kayumov M.K. Spravochnik po programmirovaniyu urozhavov [Recommendations on crops programming]. M.: Rossel'hozizdat, 1977. 188 s.
8. Popov A.S. Vлагообеспеченность посевов твердой озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам [Moisture supply of winter durum wheat during cultivation according to various forecrops] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33. № 11. S. 10-13. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-11102.
9. Samofalova N.E., Dubinina O.A., Samofalov A.P., Ilichkina N.P. Rol' meteofaktorov v formirovanii produktivnosti ozimoi tverdoj pshenicy [The role of weather factors in the formation of winter durum wheat productivity] // Zernovoe hozyajstvo Rossii. 2019. № 5(65). S.18-23. DOI: 10.31367/2079-8725-2019-65-5-18-23.
10. Alemu Z.A., Dioha M.O. Climate change and trend analysis of temperature: the case of Addis Ababa, Ethiopia // Environ Syst Res 9, 27 (2020). DOI:10.1186/s40068-020-00190-5.
11. Dioha M.O., Kumar A. Exploring greenhouse gas mitigation strategies for agriculture in Africa: The case of Nigeria // Ambio 49, 1549–1566 (2020). DOI: 10.1007/s13280-019-01293-9.
12. Trnka M., Balek J., Brázdil R., Dubrovský M., Eitzinger J., Hlavinka P., Chuchma F., Možný M., Prášil I., Růžek P., Semerádová D., Štěpánek P., Zahradníček P., Žalud Z. Observed changes in the agroclimatic zones in the Czech Republic between 1961 and 2019 // Plant Soil Environ., 67: 154–163. (2021) DOI: 10.17221/327/2020-PSE

Поступила: 23.03.21; принята к публикации: 15.06.21.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Попов А.С. – научное руководство, концептуализация исследований, анализ литературных данных, методология исследований; Овсянникова Г.В. – анализ данных и их интерпретация, подсчеты, подготовка рукописи; Сухарев А.А. – проведение полевых опытов, сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.