Научная статья
УДК 631.816.12
doi:10.35694/YARCX.2022.58.2.002

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ АЗОТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОГО РАПСА И СОИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Владимир Иванович Беляев[1], Виктор Эммануилович Буксман[2], Роман Евгеньевич Прокопчук[3]
[1, 3]Алтайский государственный аграрный университет, Барнаул, Россия
[2]Амазонен Верке, Хасберген, Германия
[1]prof-Belyaev@yandex.ru, ORCID 0000-0003-4396-2202
[2]Dr.Viktor.Buxmann@amazone.de, ORCID 0000-0002-2811-5024
[3]roman.prokopchuk.2015@mail.ru

Реферат. Последние годы в Алтайском крае наблюдается расширение посевных площадей ярового рапса и сои. Применение различных вариантов технологий их возделывания требует обоснования режима питания растений, в том числе азотного. Особенно это актуально в хозяйствах, где применяется технология «No-Till» с оставлением на поверхности растительных остатков, а также с появлением ликвилайзеров, позволяющих выполнять точечную инъекцию жидких минеральных удобрений в почву, в т.ч. КАС-32 с различными формами азота. Внутрипочвенное внесение жидких и гранулированных минеральных удобрений – одно из перспективных направлений повышения эффективности возделывания сельскохозяйственных культур. Вид удобрений, способ внесения и дозировка существенно влияют на урожайность культур и качество зерна. Большим преимуществом жидких минеральных удобрений (КАС-32) является то, что они содержат различные формы азота и обеспечивают пролонгированное действие по вегетации, что особенно важно в засушливые годы. Агрегаты для внесения удобрений в почву позволяют доставлять необходимое количество питательных веществ в почву в легкодоступной форме. В результате существенно повышается эффективность использования почвенной влаги и растёт урожайность возделываемых культур. Внутрипочвенное внесение жидких минеральных удобрений в опытах проводилось с помощью ликвилайзера «Duport», снабжённого инъекторами в форме игл, которые впрыскивают точечно жидкие удобрения на нужную глубину в почву. В статье анализируется эффективность применения гранулированных и жидких минеральных удобрений (КАС-32) при возделывании ярового рапса и сои в ООО «Вирт» Целинного района Алтайского края, где уже 16 лет применяется технология «No-Till». Оценивалась урожайность культур и эффективность производства зерна при различных дозах внесения гранулированного азота (азотно-магниевое удобрение) и в жидком виде (КАС-32).

Ключевые слова: *гранулированные удобрения, жидкие минеральные удобрения (КАС-32), внутрипочвенное внесение удобрений, доза внесения азота, технология возделывания, рапс, соя, ликвилайзер, инъекция, водный режим почвы, урожайность, эффективность производства зерна*

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF VARIOUS FORMS OF NITROGEN IN THE CULTIVATION OF SPRING RAPE AND SOYBEANS IN THE ALTAI TERRITORY

Vladimir I. Belyayev[1], Viktor E. Buxmann[2], Roman E. Prokopchuk[3]
[1, 3]Altai State Agricultural University, Barnaul, Russia
[2]Amazonen Werke, Hasbergen, Germany
[1]prof-Belyaev@yandex.ru, ORCID 0000-0003-4396-2202
[2]Dr.Viktor.Buxmann@amazone.de, ORCID 0000-0002-2811-5024
[3]roman.prokopchuk.2015@mail.ru

Abstract. In recent years, in the Altai Territory, there has been an expansion of the sown areas of spring rape and soybeans. The use of various options for their cultivation technologies requires substantiation of the plant nutrition regime, including nitrogen one. This is especially true in farms where the "No-Till" technology is used with the leaving of plant residues on the surface, as well as with the advent of liquilizers that allow the point injection of liquid mineral fertilizers into the soil, including KAS-32 with various forms of nitrogen. Internal soil application of liquid and granulated mineral fertilizers is one of the promising areas for increasing the efficiency of crop cultivation. The type of fertilizer, the method of application and dosage significantly affect the yield of crops and the quality of grain. A great advantage of liquid mineral fertilizers (KAS-32) is that they contain various forms of nitrogen and provide a prolonged vegetation effect, which is especially important in dry years. Soil fertilizer implements allow you to deliver the required amount of nutrients to the soil in an easily accessible form. As a result, the efficiency of using soil moisture is significantly increased and the yield of cultivated crops increases. The internal soil application of liquid mineral fertilizers in the experiments was carried out using the "Duport" liquidizer equipped with needle-shaped injectors that inject point-liquid fertilizers to the desired depth into the soil. The article analyzes the effectiveness of the use of granular and liquid mineral fertilizers (KAS-32) in the cultivation of spring rape and soybeans in OOO "Virt" in the Tselinniy District of Altai Territory, where the No-Till technology has been used for 16 years. The yield of crops and the efficiency of grain production at various doses of granulated nitrogen (nitrogen-magnesium fertilizer) and in liquid form (KAS-32) were evaluated.

Keywords: *granular fertilizers, liquid mineral fertilizers (KAS-32), internal soil application of fertilizers, dose of nitrogen application, cultivation technology, rape, soybeans, liquilizer, injection, water regime of soil, yield, efficiency of grain production*

Финансирование: исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-316-90013\20.

Введение. Минеральное питание культурных растений и его влияние на урожайность успешно изучается на протяжении длительного времени [1–4]. В современных агротехнологиях возделывания культур это было бы невозможно без применения инновационных комплексов машин, в т.ч. для внутрипочвенного внесения жидких и гранулированных минеральных удобрений [5–9].

Вид удобрений, способ внесения и дозировка существенно влияют на урожайность культур и качество зерна. Большим преимуществом жидких удобрений (КАС-32) является то, что они содержат различные формы азота и обеспечивают пролонгированное действие по вегетации, что особенно важно в засушливые годы. Это особенно актуально в хозяйствах, внедряющих технологии «No-Till» с оставлением на поверхности поля растительных остатков.

Агрегаты для внесения удобрений в почву позволяют быстро и качественно доставлять необходимое количество питательных веществ в почву в легкодоступной форме. В результате создаются условия, которые позволяют лучше использовать агроклиматический потенциал почвы, повышают урожайность сельскохозяйственных культур и снижают затраты на производство зерна.

Целью исследования является изучение эффективности возделывания ярового рапса и сои при внесении в почву различных доз и форм азота в зоне чернозёмов выщелоченных и серых лесных почв средней лесостепи Алтайского края.

Задачи исследования:

1. Оценить влияние доз внесения гранулированных (азотно-магниевое) и жидких (КАС-32) минеральных удобрений с помощью ликвилайзера на урожайность ярового рапса и сои.

2. Дать экономическую оценку эффективности применения удобрений.

Объекты и методы. Весной 2020 г. в ООО «Вирт» Целинного района (зона чернозёмов выщелоченных и серых лесных почв средней лесостепи Алтайского края) заложен полевой опыт, где сравнивались 7 вариантов доз внесения гранулированных и жидких минеральных удобрений при возделывании ярового рапса и сои. В качестве контроля принят вариант без удобрений. Закладка полевых опытов проводилась согласно [10].

Схема закладки полевого опыта при возделывании рапса:

$N_{34,4}$ (азотно-магниевое) – доза внесения:

1. 50,0 кг/га (17,2 кг д.в./га);
2. 100,0 кг/га (34,4 кг д.в./га);
3. 150,0 кг/га (51,6 кг д.в./га).

КАС-32 (карбамидо-аммиачная смесь) + С.А. (сульфат аммония) – доза внесения:

1. 200 л/га + 60 кг/га (95,8 кг д.в./га);
2. 250 л/га + 60 кг/га (116,6 кг д.в./га);
3. 300 л/га + 60 кг/га (137,4 кг д.в./га).
4. Без удобрений (контроль).

Схема закладки полевого опыта при возделывании сои:

$N_{34,4}$ – доза внесения:

1. 50,0 кг/га (17,2 кг д.в./га);
2. 100,0 кг/га (34,4 кг д.в./га);
3. 150,0 кг/га (51,6 кг д.в./га).

КАС-32 – доза внесения:

1. 150 л/га (62,4 кг д.в./га);
2. 200 л/га (83,2 кг д.в./га);
3. 250 л/га (104 кг д.в./га).
4. Без удобрений (контроль).

Характеристика поля при возделывании рапса: почва – чернозём выщелоченный. Предшественник – горох. Осенняя обработка почвы не проводилась. Посев рапса выполнялся с внесением гранулированных минеральных удобрений 2 мая агрегатом Class + DMC-9000. Ширина делянки с гранулированными удобрениями соответствует одному проходу посевного агрегата, а с жидкими – одному проходу агрегата для внесения жидких минеральных удобрений. На опытных делянках высевался гибрид «Цебра КЛ». Норма высева – 4,3 кг/га. Масса 1000 зёрен – 4,48 г. Лабораторная всхожесть – 95%. Жидкие удобрения (КАС-32) на делянках и в производственном посеве вносились после посева – 12 мая – с помощью ликвилайзера «Duport» (рис. 1).

Характеристика поля при возделывании сои: почва – выщелоченный чернозём. Предшественник – соя. Осенняя обработка почвы не проводилась. Дата посева – 15 мая. Посевной агрегат: JD + DMC 6000. Ширина делянки с гранулированными удобрениями соответствует двум проходам посевного агрегата, а с жидкими – одному проходу агрегата для внесения жидких минеральных удобрений. На опытных делянках высевался сорт сои «Эльта». Норма высева 110 кг/га, масса 1000 зёрен 130,0 г, лабораторная всхожесть 92%. Жидкие удобрения (КАС-32) на делянках и в производственном посеве вносились с помощью ликвилайзера «Duport» (рис. 1).

Рисунок 1 – Машинно-тракторный агрегат для внесения жидких удобрений

Условия вегетации 2020 г. характеризовались низкой влагообеспеченностью (осадков выпало в 1,47 раза ниже нормы) и высокими температурами (на 9,4% выше нормы).

Обеспеченность опытных полей базовыми элементами питания по состоянию на 18 мая была следующей на полях с рапсом и соей (табл. 1).

Если рассматривать распределение осадков и температуры в течение вегетационного периода, по данным ближайшей метеостанции (село Целинное), с мая по август, то осадков выпало 150,8 мм, что ниже среднего многолетнего значения (222,0 мм) на 71,2 мм, или в 1,47 раза, а средняя температура (17,5°С) была выше многолетней (16°С) на 1,5°С (9,4%). При этом если в мае количество осадков составило 91% от многолетней, то в августе норма осадков составила 57%. Из этих фактов видно, что распределение осадков в течение вегетационного периода очень неравномерно и носит локальный характер. Среднемесячная температура составляла от 97,0% (июнь) до 135,0% (май) в нормальные годы, распределение температуры в течение вегетационного периода также было неравномерным.

Таблица 1 – Обеспеченность базовыми элементами питания

Вариант	$N\text{-}NO_3$, мг/кг	P_2O_5, мг/кг	K_2O, мг/кг	Гумус, %
Рапс	51,3	226,6	129,7	8,3
Соя	45,7	228,7	148,7	7,4

Результаты полевых опытов. Результаты определения комбайновой урожайности ярового рапса и сои по вариантам внесения удобрений приведены в таблице 2.

По результатам анализа табличных данных установлено, что в условиях года максимальная урожайность рапса получена в варианте 6 (3,40 т/га), а минимум – на контроле (2,90 т/га). Различия существенны и статистически значимы. Причём увеличение дозы внесения азота приводило к росту урожая рапса.

Выявлена значимая связь урожайности сои и дозы внесения азота в виде уравнения 2-го порядка. При исследовании полученного уравнения на экстремум получена оптимальная доза внесения азота, которая составляет 72,7 кг д.в./га. При этом диапазон изменения урожайности, при исследуемых дозах внесения азота, был низкий (2,82–3,00 т/га), различия по вариантам составили 1,8 т/га. На контроле же урожай был существенно ниже (2,2 т/га). Таким образом, все варианты внесения удобрений обеспечили достоверную прибавку урожая в сравнении с контролем.

Проведение экономической оценки сравниваемых вариантов удобрений базировалось на величине затрат на удобрения, полученной урожайности рапса и сои, ценах их реализации.

С увеличением урожайности культур возрастала стоимость продукции и разность между ней и затратами на удобрения. Зависимость между

Таблица 2 – Комбайновая урожайность ярового рапса и сои по вариантам удобрений

№ п/п	Вариант	Опыт по рапсу		Опыт по сое	
		Доза, кг д.в./га	Комбайновая урожайность рапса, т/га	Доза, кг д.в./га	Комбайновая урожайность рапса, т/га
1	$N_{34,4}$	17,2	2,97	17,2	2,91
2	$N_{34,4}$	34,4	3,00	34,4	2,82
3	$N_{34,4}$	51,6	3,23	51,6	2,88
4	КАС-32 + С.А.*	95,8	3,11	62,4	2,94
5	КАС-32 + С.А.*	116,6	3,08	83,2	3,00
6	КАС-32 + С.А.*	137,4	3,40	104,0	2,99
7	Без удобрений (контроль)	0	2,90	0	2,20
$НСР_{0,05}$		x	0,27	x	0,09

Примечание: * – в опыте по сое с применением КАС-32 сульфат аммония не вносился.

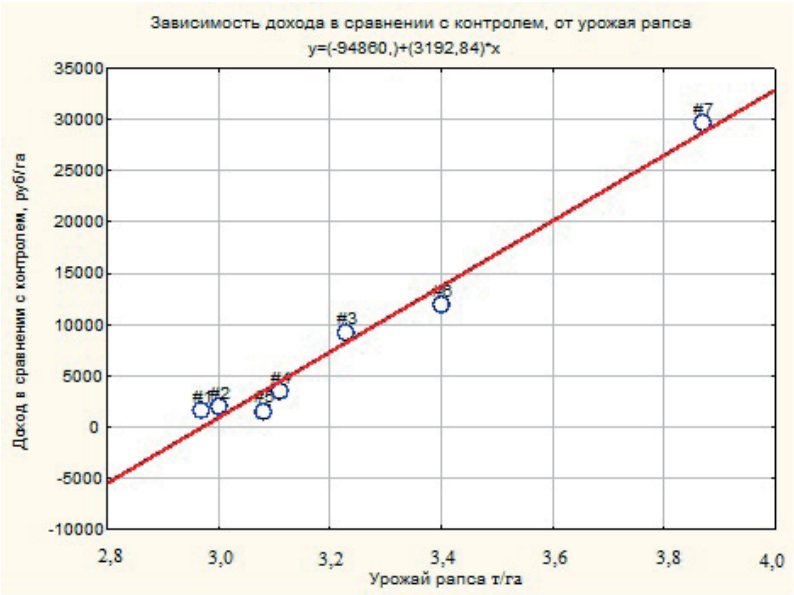

Рисунок 2 – Зависимость дохода, в сравнении с контролем, от урожая рапса

доходом, по сравнению с контролем, и урожайностью рапса приведена на рисунке 2, а с урожайностью сои – на рисунке 3.

Как показывает анализ, наибольший доход на посевах рапса, по сравнению с контролем, получен в варианте КАС-32 + С.А. (137,4 кг/га д.в.) (11923 руб./га), далее идёт вариант $N_{34,4}$ (51,6 кг/га д.в.) (9254 руб./га). По остальным вариантам изменения находились в пределах 1569–3464 руб./га.

Максимум прибыли с урожайности сои была на вариантах КАС-32 + С.А. (116,6 кг га д.в.) и КАС-32 + С.А. (137,4 кг/га д.в.) (96000 и 95680 руб./га соответственно) и самой низкой на контрольном участке – 70400 руб./га. По разнице между стоимостью продукции и стоимостью удобрений наилучшие результаты имеют варианты КАС-32 + С.А. (116,6 кг/га д.в.) и $N_{34,4}$ (17,2 кг/га д.в.) (92620 и 92355 руб./га). Они же имели лучшую разницу дохода в сравнении с контролем (22220 и 21955 руб./га).

В результате максимум дохода, в сравнении с контролем, получен при урожае сои 2,96 т/га, что соответствует дозе внесения азота 72,7 кг д.в./га.

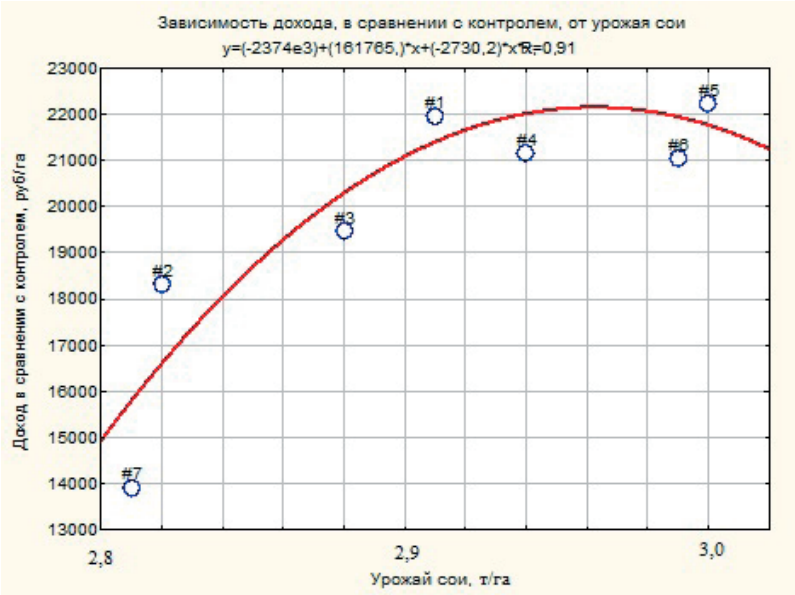

Рисунок 3 – Зависимость дохода, в сравнении с контролем, от урожая сои

Выводы. В условиях 2020 г. года максимальная урожайность рапса получена в варианте КАС-32 + С.А. (137,4 кг/га д.в.) – 3,4 ц/га, а минимум – на контроле (2,9 т/га). В среднем урожай рапса по жидким удобрениям получен выше на 1,3 ц/га, чем по гранулированным (3,20 и 3,07 т/га соответственно) и на 0,3 т/га выше, чем на контроле (2,9 т/га). Различия статистически значимы.

В среднем при использовании жидких удобрений в посевах рассматриваемых культур дополнительный доход, в сравнении с контролем, составил 5652 руб./га, а при использовании гранулированных удобрений – 4302 руб./га. При этом удельный доход был выше в последнем случае (125,1 руб./кг д.в. против 48,5 руб./кг д.в.).

Связь между урожаем сои и дозой внесения азота значима и выражается уравнением 2-го порядка. В условиях года оптимальная доза внесения азота на посевах сои составляет 72,7 кг д.в./га.

При этом диапазон изменения урожайности при исследуемых дозах внесения азота был низкий (2,82–3,0 т/га), различия по вариантам составили 0,18 т/га. На контроле же урожай был существенно ниже (2,2 т/га), что указывает на высокую значимость удобрений.

В среднем доход от реализации продукции, полученной с использованием жидких удобрений, в сравнении с контролем, был выше – 21473 руб./га против 19909 руб./га с использованием гранулированных удобрений, а удельный доход ниже (258,1 и 578,8 руб./кг д.в. соответственно).

Список источников

1. Прокопчук, Р. Е. Точная инъекция жидких минеральных удобрений / Р. Е. Прокопчук, В. И. Беляев, В. В. Щербинин. – Текст : непосредственный // Аграрная наука – сельскому хозяйству : сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции в 2 кн. (09–10 февраля 2021 г.). – Барнаул : Изд-во Алтайский государственный аграрный университет, 2021. – Кн. 2. – С. 32–34.

2. Беляев, В. И. Сравнительная эффективность гранулированных и жидких минеральных удобрений при возделывании ячменя в Алтайском крае / В. И. Беляев, В. Э. Буксман, Р. Е. Прокопчук, Л. В. Соколова. – Текст : непосредственный // Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем : материалы национальной с международным участием научно-практической конференции, посвященной 70-летнему юбилею инженерного факультета ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ. – Оренбург : ООО «Типография «Агентство Пресса», 2021. – С. 9–14. – ISBN 978-5-6046810-3-9.

3. Гамзиков, Г. П. Баланс и превращение азота удобрений : монография / Г. П. Гамзиков, Г. И. Кострик, В. Н. Емельянова. – Новосибирск : Новосибирское отделение издательства «Наука», 1985. – 160 с. – Текст : непосредственный.

4. Беляев, В. И. Сравнительная оценка минеральных удобрений в условиях производства Алтайского края / В. И. Беляев, Д. В. Дубинин, С. А. Иванов, В. Н. Кузнецов. – Текст : непосредственный // Вестник Алтайского государственного университета. – 2020. – № 2 (184). – С. 5–12. – ISSN 1996-4277.

5. Земледелие на равнинных ландшафтах и агротехнологии зерновых в Западной Сибири (на примере Омской области) : монография / под ред. д-ров с.-х. наук И. Ф. Храмцова и В. Г. Холмова. – Новосибирск : Изд-во Сибирского отделения РАН, 2003. – 412 с. – ISBN 5-93387-009-9. – Текст : непосредственный.

6. Поползухин, П. В. Агроклиматические ресурсы и производство зерна ячменя в условиях южной лесостепи Западной Сибири / П. В. Поползухин. – Текст : непосредственный // Пути стабилизации урожая и повышение качества сельскохозяйственной продукции : материалы научно-методической конференции по растениеводству, селекции, биотехнологии и семеноводству, посвященной 170-летию опытного дела. – Новосибирск : Изд-во Сибирское отделение РАСХН, 1998. – С. 51–53.

7. Meinel, T. Demands for Modern Cropping Systems / T. Meinel, V. I. Belyaev, K. A. Akshalov, L.-C. Grunwald, L. V. Sokolova. – Text : unmediated // Frühauf M., Guggenberger G., Meinel T., Theesfeld I., Lentz S. (eds) KULUNDA: Climate Smart Agriculture. Innovations in Landscape Research. – Springer, Cham, 2020. – P. 325–339.

8. Guggenberger, G. Interactive Effects of Land Use and Climate on Soil Organic Carbon Storage in Western Siberian Steppe Soils / G. Guggenberger, N. Bischoff, O. Shibistova [et al.]. – Text : unmediated // Frühauf M., Guggenberger G., Meinel T., Theesfeld I., Lentz S. (eds) KULUNDA: Climate Smart Agriculture. Innovations in Landscape Research. – Springer, Cham, 2020. – P. 183–199.

9. Kharlamova, N. F. Climatic Variability of the Kulunda Steppe / N. F. Kharlamova. – Text : unmediated // Frühauf M., Guggenberger G., Meinel T., Theesfeld I., Lentz S. (eds) KULUNDA: Climate Smart Agriculture. Innovations in Landscape Research. – Springer, Cham. 2020. – P. 19–32.

10. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Prokopchuk, R. E. Tochnaja in#ekcija zhidkih mineral'nyh udobrenij / R. E. Prokopchuk, V. I. Belyaev, V. V. Shcherbinin. – Tekst : neposredstvennyj // Agrarnaja nauka – sel'skomu hozjajstvu : sbornik materialov XVI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii v 2 kn. (09–10 fevralja 2021 g.). – Barnaul : Izd-vo Altajskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. – Kn. 2. – S. 32–34.

2. Belyaev, V. I. Sravnitel'naja jeffektivnost' granulirovannyh i zhidkih mineral'nyh udobrenij pri vozdelyvanii jachmenja v Altajskom krae / V. I. Belyaev, V. Eh. Buksman, R. E. Prokopchuk, L. V. Sokolova. – Tekst : neposredstvennyj // Sovershenstvovanie inzhenerno-tehnicheskogo obespechenija proizvodstvennyh processov i tehnologicheskih sistem : materialy nacional'noj s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 70-letnemu jubileju inzhenernogo fakul'teta FGBOU VO Orenburgskij GAU. – Orenburg : OOO «Tipografija «Agentstvo Pressa», 2021. – S. 9–14. – ISBN 978-5-6046810-3-9.

3. Gamzikov, G. P. Balans i prevrashhenie azota udobrenij : monografija / G. P. Gamzikov, G. I. Kostrik, V. N. Emel'yanova. – Novosibirsk : Novosibirskoe otdelenie izdatel'stva «Nauka», 1985. – 160 s. – Tekst : neposredstvennyj.

4. Belyaev, V. I. Sravnitel'naja ocenka mineral'nyh udobrenij v uslovijah proizvodstva Altajskogo kraja / V. I. Belyaev, D. V. Dubinin, S. A. Ivanov, V. N. Kuznetsov. – Tekst : neposredstvennyj // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2020. – № 2 (184). – S. 5–12. – ISSN 1996-4277.

5. Zemledelie na ravninnyh landshaftah i agrotehnologii zernovyh v Zapadnoj Sibiri (na primere Omskoj oblasti) : monogra ja / pod red. d-rov s.-h. nauk I. F. Khramtsova i V. G. Kholmova. – Novosibirsk : Izd-vo Sibirskogo otdelenija RAN, 2003. – 412 s. – ISBN 5-93387-009-9. – Tekst : neposredstvennyj.

6. Popolzukhin, P. V. Agroklimaticheskie resursy i proizvodstvo zerna jachmenja v uslovijah juzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri / P. V. Popolzukhin. – Tekst : neposredstvennyj // Puti stabilizacii urozhaja i povyshenie kachestva sel'skohozjajstvennoj produkcii : materialy nauchno-metodicheskoj konferencii po rastenievodstvu, selekcii, biotehnologii i semenovodstvu, posvjashhennoj 170-letiju opytnogo dela. – Novosibirsk : Izd-vo Sibirskoe otdelenie RASHN, 1998. – S. 51–53.

7. Meinel, T. Demands for Modern Cropping Systems / T. Meinel, V. I. Belyaev, K. A. Akshalov, L.-C. Grunwald, L. V. Sokolova. – Text : unmediated // Frühauf M., Guggenberger G., Meinel T., Theesfeld I., Lentz S. (eds) KULUNDA: Climate Smart Agriculture. Innovations in Landscape Research. – Springer, Cham, 2020. – P. 325–339.

8. Guggenberger, G. Interactive Effects of Land Use and Climate on Soil Organic Carbon Storage in Western Siberian Steppe Soils / G. Guggenberger, N. Bischoff, O. Shibistova [et al.]. – Text : unmediated // Frühauf M., Guggenberger G., Meinel T., Theesfeld I., Lentz S. (eds) KULUNDA: Climate Smart Agriculture. Innovations in Landscape Research. – Springer, Cham, 2020. – P. 183–199.

9. Kharlamova, N. F. Climatic Variability of the Kulunda Steppe / N. F. Kharlamova. – Text : unmediated // Frühauf M., Guggenberger G., Meinel T., Theesfeld I., Lentz S. (eds) KULUNDA: Climate Smart Agriculture. Innovations in Landscape Research. – Springer, Cham. 2020. – P. 19–32.

10. Dospekhov, B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij) / B. A. Dospekhov. – 5-e izd., dop. i pererab. – Moskva : Agropromizdat, 1985. – 351 s. – Tekst : neposredstvennyj.

Сведения об авторах

Владимир Иванович Беляев – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственной техники и технологий, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный аграрный университет», spin-код: 3648-4578.

Виктор Эммануилович Буксман – кандидат технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»; советник, Amazonen Werke GmbH und Co KG Амазоне.

Роман Евгеньевич Прокопчук – аспирант инженерного факультета, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный аграрный университет», spin-код: 6003-3818.

Information about the authors

Vladimir I. Belyayev – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural Machinery and Technologies, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Altai State Agricultural University", spin-code: 3648-4578.

Viktor E. Buxmann – Candidate of Technical Sciences, Full Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "I.T. Trubilin Kuban State Agricultural University"; advisor, Amazonen Werke GmbH und Co KG Amazone.

Roman E. Prokopchuk – postgraduate student of the Faculty of Engineering, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Altai State Agricultural University", spin-code: 6003-3818.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Con ict of interest. The authors declare no con ict of interest.