



Роман МЕЛЬНИКОВ, Иван БЕРЕСТОВ

*Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию,
Жодино, Республика Беларусь
e-mail: 1000000000@list.ru*

УДК 633.111 «321»:631.84:631.1(003.13)

Экономическая и энергетическая эффективность применения азотного удобрения на посевах сортов и образцов яровой мягкой пшеницы

В статье представлены результаты анализа экономической и энергетической эффективности применения разных норм азотного удобрения (100 кг д.в./га и 160 кг д.в./га) при возделывании сортов и образцов яровой мягкой пшеницы селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Представлены сорта и образцы, на посевах которых применение азотного удобрения экономически и энергетически более эффективно.

Ключевые слова: отзывчивость на азотное удобрение, урожайность, яровая пшеница, сорт, экономическая эффективность, энергетическая эффективность.

Roman MELNIKOV, Ivan BERESTOV

*Research and Practical Center of National Academy of Sciences of the Republic
of Belarus for Arable Farming, Zhodino, Republic of Belarus
e-mail: 1000000000@list.ru*

Economic and energy efficiency of application of nitrogen fertilizer on crops of varieties and samples of spring soft wheat

The article presents the results of the analysis of the economic and energy efficiency of applying different norms of nitrogen fertilizer (100 kg a. s. /ha and 160 kg a. s./ha) when cultivating varieties and samples of spring soft wheat of the selection of RUE «Research and Practical Center of National Academy of Sciences of the Republic of Belarus for Arable Farming». Varieties and samples are shown where the use of nitrogen fertilizer is economically and energetically more effective on crops.

Keywords: responsiveness to nitrogen fertilizer, yield, spring wheat, variety, economic efficiency, energy efficiency.

Введение

Азотные удобрения являются важнейшим фактором повышения урожайности и качества зерна яровой пшеницы. На дерново-подзолистых почвах они обеспечивают до 90% от общей прибавки урожая от применения минеральных удобрений, значительно повышают содержание белка, клейковины в зерне.

Следует отметить, что в связи с ростом цен на азотные удобрения особую актуальность приобретает эффективность их исполь-

зования. Она зависит от доз, форм, сроков, способов применения удобрений и должна основываться на принципах адаптивной интенсификации [1, 2]. Значительный интерес также представляет возделывание агрохимически эффективных сортов яровой пшеницы, обеспечивающих существенное снижение расхода элементов питания на формирование единицы хозяйственно ценной части продукции [3].

В настоящее время в Государственный реестр сортов Беларуси внесено 27 сортов яровой мягкой пшеницы отечественной и зарубежной селекции [4].

Целью наших исследований было определение экономической и энергетической эффективности применения разных норм азотного удобрения при возделывании сортов и образцов яровой мягкой пшеницы селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» и выявление сортов и образцов пшеницы, на посевах которых применение азотного удобрения в почвенно-климатических условиях Минской области обеспечивает получение наибольшего условно чистого дохода, рентабельности и энергетической эффективности.

Материалы и методы

Полевые опыты проводили в 2013–2015 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на дерново-подзолистой легкосуглинистой хорошо окультуренной почве. Пахотный горизонт почвы характеризовался слабокислой степенью кислотности ($pH_{КС1}$ 5,7–5,9), средним содержанием гумуса (2,2–2,4%), повышенным – подвижных форм фосфора (216–240 мг/кг), калия (234–300 мг/кг), кальция (1314–1365 мг/кг) и магния (268–300 мг/кг).

Объектами исследований были сорта Рассвет (в качестве контроля), Ласка, Любава, Сударыня, Восточка, Ласточка, Чайка и образцы 5/10, 11/10, 15/10, 16/10, 18/10, 24/10, 26/10, 27/10 конкурсного испытания яровой мягкой пшеницы селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию».

Данные сорта и сортообразцы возделывали на 3-х уровнях азотного питания растений: 1-м – условно низком (без применения азотного удобрения); 2-м – среднем и 3-м – высоком. На среднем уровне питания за вегетацию пшеницы вносили 100 кг/га азота, в том числе 60 кг/га в основную заправку почвы до посева и 40 кг/га – в подкормку в начале выхода в трубку, на высоком – 160 кг/га (100 кг/га до посева и 60 кг/га в подкормку). Эффективность азотного удобрения (в виде карбамида) изучалась на фоне фосфорного и калийного удобрений (в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия), которые в дозе $P_{60}K_{120}$ общим фоном вносили осенью под зябь.

Закладка опыта проводилась по методике двухфакторного опыта. Учетная площадь делянки – 10 м², повторность – четырехкратная.

Предшественником яровой пшеницы во все годы проведения опыта были крестоцветные культуры на семена. Агротехника возделывания яровой пшеницы в опыте, за исключением изучаемого фактора, осуществлялась согласно отраслевому регламенту [5].

Уборка урожая проводилась комбайном «Samro 130». Урожайность пересчитывали на стандартную влажность (зерно – 14%, солома – 22,5%) и 100%-ю чистоту.

Анализ экономической эффективности применения азотного удобрения на посевах яровой пшеницы проводили по методике определения показателей агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений [6]. Данная методика основывается на сопоставлении полученной прибыли от реализации дополнительной продукции и фактических (или нормативных) затрат на применение удобрений, уборку, доработку и реализацию прибавки урожая от удобрений. Основными показателями экономической эффективности удобрений были: условно чистый доход (прибыль) от применения удобрений на гектар посева и прибыль на единицу производственных затрат, или рентабельность применения удобрений.

При расчетах указанных выше показателей был использован курс белорусского рубля по отношению к доллару США и цены на карбамид и зерно пшеницы (продовольственное 3-го класса и фуражное) по состоянию на 01.06.2018: карбамид – 224,2 USD/т, зерно продовольственное – 165,2 USD/т, зерно фуражное – 115,6 USD/т, затраты на транспортировку и внесение 1 т удобрения – 32,4 USD, затраты на уборку, доработку и реализацию 1 т прибавки урожая зерна – 33,0 USD.

Анализ энергетической эффективности проводили по методике Белорусского НИИ почвоведения и агрохимии [7].

При расчете энергетической эффективности применяли следующие величины показателей: содержание энергии в зерне при стандартной влажности 1661 МДж/ц, в соломе – 1440 МДж/ц, затраты на производство азотного удобрения – 80 МДж/кг д.в., на погрузку, транспортировку и внесение удобрения – 90,3 МДж/ц, на уборку, доработку и реализацию прибавки урожая за счет удобрения – 293 МДж/ц зерна.

Основная часть

Как видно из таблиц 1 и 2, сорта и образцы яровой мягкой пшеницы неоднозначно реагировали на применение азотного удобрения. Наибольшая прибавка урожайности зерна от внесения 100 кг/га азота (11,7–14,4 ц/га) отмечена у сорта Сударыня и образцов 27/10, 16/10, при внесении 160 кг/га азота – у образца 16/10 (18,0 ц/га) и сортов Сударыня (15,6 ц/га) и Рассвет (15,9 ц/га). Образцы 15/10, 18/10, 24/10, сорта Любава и Ласка заметно слабее отзывались на применение азотного удобрения.

Средняя по всем сортам и образцам пшеницы стоимость прибавки урожайности продовольственного зерна при внесении минерального азота в норме 100 кг/га составила 160,9 USD/га. Самой большой она была на посевах сорта Сударыня (213,1 USD/га) и образца 27/10 (237,9 USD/га).

Увеличение нормы азота до 160 кг/га повысило стоимость прибавки в среднем на 71,4 USD/га (44,4%) – до 234,7 USD/га. У образца 16/10 этот показатель увеличился до 297,3 USD/га. Высокими значениями стоимости прибавки урожайности зерна (251,1–262,7 USD/га) выделились также сорта Рассвет, Сударыня, Восточка, образцы 5/10 и 27/10.

Производственные затраты при применении азотного удобрения изменялись в зависимости от стоимости различных его норм и затрат на внесение, уборку, доработку и реализацию прибавки урожайности, полученной за счет применения удобрений. При норме азотного удобрения 100 кг/га в среднем по всем сортам и образцам они были равны 87,7 USD/га, а при норме 160 кг/га азота увеличивались на 54,2% – до 135,2 USD/га.

Таблица 1. Экономическая эффективность применения азотного удобрения в норме 100 кг/га д.в. на посевах сортов и образцов яровой пшеницы (среднее за 2013–2015 гг.)

Сорта, образцы	Прибавка урожайности зерна от азотного удобрения, ц/га	Стоимость прибавки урожайности зерна от азотного удобрения, USD/га		Производственные затраты при применении азотного удобрения, USD/га	Условно чистый доход, USD/га		Рентабельность применения азотного удобрения, %	
		1*	2**		1*	2**	1*	2**
Рассвет	10,3	170,1	119,1	89,5	80,6	29,6	90,1	33,1
Ласка	8,4	138,8	97,1	83,3	55,5	13,8	66,6	16,6
Любава	5,9	97,5	68,2	75,0	22,5	-6,8	30,0	-9,1
Сударыня	12,9	213,1	149,2	98,1	115,0	51,1	117,2	52,1
Восточка	11,4	188,3	131,8	93,2	95,1	38,6	102,0	41,4
Ласточка	9,2	152,0	106,4	85,9	66,1	20,5	76,9	23,9
Чайка	8,3	137,1	96,0	82,9	54,2	13,1	65,4	15,8
5/10	10,2	168,5	117,9	89,2	79,3	28,7	88,9	32,2
11/10	8,6	142,1	99,4	83,9	58,2	15,5	69,3	18,5
15/10	8,2	135,5	94,8	82,6	52,9	12,2	64,0	14,8
16/10	11,7	193,3	135,3	94,1	99,2	41,2	105,4	43,8
18/10	7,1	117,3	82,1	79,0	38,3	3,1	48,5	3,9
24/10	8,6	142,1	99,4	83,9	58,2	15,5	69,3	18,5
26/10	10,9	180,1	126,0	91,5	88,6	34,5	96,8	37,7
27/10	14,4	237,9	166,5	103,1	134,8	63,4	130,7	61,5
Среднее	9,7	160,9	112,6	87,7	73,2	24,9	81,4	27,0

Примечания.

* При использовании зерна на продовольственные цели.

** При использовании зерна на фуражные цели.

Таблица 2. Экономическая эффективность применения азотного удобрения в норме 160 кг/га д.в. на посевах сортов и образцов яровой пшеницы (среднее за 2013–2015 гг.)

Сорта, образцы	Прибавка урожайности зерна от азотного удобрения, ц/га	Стоимость прибавки урожайности зерна от азотного удобрения, USD/га		Производственные затраты при применении азотного удобрения, USD/га	Условно чистый доход, USD/га		Рентабельность применения азотного удобрения, %	
		1*	2**		1*	2**	1*	2**
Рассвет	15,9	262,7	183,9	141,3	121,4	42,6	85,9	30,1
Ласка	13,8	228,0	159,6	134,4	93,6	25,2	69,6	18,8
Любава	9,5	156,9	109,9	120,2	36,7	-10,3	30,5	-8,6
Сударыня	15,6	257,7	180,4	140,3	117,4	40,1	83,7	28,6
Весточка	15,2	251,1	175,8	139,0	112,1	36,8	80,6	26,5
Ласточка	14,4	237,9	166,5	136,4	101,5	30,1	74,4	22,1
Чайка	14,5	239,5	167,7	136,7	102,8	31,0	75,2	22,7
5/10	15,5	256,1	179,2	140,0	116,1	39,2	82,9	28,0
11/10	14,5	239,5	167,7	136,7	102,8	31,0	75,2	22,7
15/10	12,5	206,5	144,5	130,1	76,4	14,4	58,7	11,1
16/10	18,0	297,3	208,1	148,3	149,0	59,8	100,5	40,3
18/10	11,3	186,7	130,7	126,1	60,6	4,6	48,1	3,6
24/10	10,8	178,4	124,9	124,5	53,9	0,4	43,3	0,3
26/10	13,9	229,6	160,7	134,7	94,9	26,0	70,5	19,3
27/10	15,5	256,1	179,2	140,0	116,1	39,2	82,9	28,0
Среднее	14,1	232,3	162,6	135,2	97,0	27,3	70,8	19,6

Примечания.

* При использовании зерна на продовольственные цели.

** При использовании зерна на фуражные цели.

Сорта и образцы, сформировавшие наибольшую прибавку урожайности, закономерно характеризовались и большими производственными затратами на ее уборку, доработку и реализацию. В связи с этим на среднем уровне азотного питания на посевах образца 27/10 и сорта Сударыня производственные затраты достигали 98,1–103,1 USD/га, а на высоком уровне – на посевах сортов Рассвет, Сударыня, Весточка и образцов 5/10, 16/10 и 27/10 – 139,0–148,3 USD/га.

При реализации прибавки урожая в ценах продовольственного зерна условно чистый доход при применении азотного удобрения в норме 100 кг/га д.в. составил в среднем 73,2 USD/га. Увеличение нормы азота до 160 кг/га повышало данный показатель на 23,8 USD/га (32,5%) – до 97,0 USD/га. Сорт Сударыня и образец 27/10, сформировавшие наибольшую прибавку урожайности на среднем фоне азотного питания, дали наибольший условно чистый доход с гектара – 115,0 USD и 134,8 USD соответственно. На высоком уровне азотного питания выделились сорта Сударыня, Рассвет и образцы 5/10, 16/10, 27/10 (116,1–149,0 USD/га).

Рентабельность применения азотного удобрения при возделывании яровой мягкой пшеницы на продовольственные цели варьировала в широких пределах – от 30,0% до 130,7% и зависела как от нормы внесенного минерального азота, так и от прибавки урожайности, сформированной сортами и образцами. При внесении 100 кг/га азота в среднем по всем сортам и образцам она была равна 81,4%. Непропорциональное увеличение стоимости дополнительной продукции и производственных затрат при норме 160 кг/га азота обусловило снижение данного показателя до 70,8%. Максимальная рентабельность применения азотного удобрения в норме 100 кг/га (102,0–130,7%) отмечена при возделывании сортов Сударыня, Весточка и образцов 27/10, 16/10, при увеличении нормы азота до 160 кг/га – у образца 16/10 (100,5%).

При использовании зерна на фураж, в связи с более низкими закупочными ценами на него, стоимость дополнительной продукции от применения азотного удобрения снижалась и составила в среднем по всем сортам и образцам по 1-й норме азота 112,6 USD/га, по 2-й – 162,6 USD/га. Условно

чистый доход и рентабельность при этом уменьшились и были равны 24,9 USD/га и 27,3 USD/га (27,0% и 19,6%) соответственно.

Как видно из расчетов, использование зерна яровой пшеницы на фуражные цели снижало условно чистый доход и рентабельность относительно его продовольственного использования на среднем уровне азотного питания в 3 раза, на высоком – в 3,6 раза.

При высоком уровне азотного питания рентабельность применения азотного удобрения у наиболее отзывчивых сортов и образцов пшеницы снижалась до 28,0–40,3%. У сорта Любава прибавка урожайности фуражного зерна от внесения 160 кг/га азота (9,5 ц/га) не компенсировала производственные затраты, связанные с его применением.

Как видно из таблицы 3, в среднем по всем сортам и образцам при внесении азотного удобрения в норме 100 кг/га д.в. содержание энергии в прибавке урожайности основной продукции составило 16,18 ГДж/га, побочной – 28,35 ГДж/га, всего в сумме – 44,53 ГДж/га. Наибольшее содержание энергии в прибавке урожайности зерна (21,43–23,92 ГДж/га) отмечено у сорта Сударыня и образца 27/10, наименьшее (9,80–11,79 ГДж/га) – у сорта Любава и образца 18/10.

Таблица 3. Энергетическая эффективность применения азотного удобрения в норме 100 кг/га д.в. при возделывании сортов и образцов яровой пшеницы (среднее за 2013–2015 гг.)

ГДж	Содержание энергии в прибавке урожайности от удобрения, ГДж/га			Затраты энергии при применении удобрения, ГДж/га	Удельные энергозатраты на 1 ц прибавки урожайности зерна, ГДж	Биоэнергетический коэффициент	
	зерно	солома	всего			зерно	зерно + солома
Рассвет	17,11	26,20	43,31	11,21	1,09	1,53	3,86
Ласка	13,95	18,95	32,90	10,66	1,27	1,31	3,09
Любава	9,80	30,10	39,90	9,92	1,68	0,99	4,02
Сударыня	21,43	35,86	57,29	11,98	0,93	1,79	4,78
Весточка	18,94	29,73	48,67	11,54	1,01	1,64	4,22
Ласточка	15,28	31,59	46,87	10,89	1,18	1,40	4,30
Чайка	13,79	30,47	44,26	10,63	1,28	1,30	4,16
5/10	16,94	34,93	51,87	11,18	1,10	1,51	4,64
11/10	14,28	30,10	44,38	10,72	1,25	1,33	4,14
15/10	13,62	29,73	43,35	10,60	1,29	1,29	4,09
16/10	19,43	21,00	40,43	11,62	0,99	1,67	3,48
18/10	11,79	28,06	39,85	10,28	1,45	1,15	3,88
24/10	14,28	25,08	39,36	10,72	1,25	1,33	3,67
26/10	18,10	24,34	42,44	11,39	1,04	1,59	3,73
27/10	23,92	29,17	53,09	12,42	0,86	1,93	4,28
Среднее	16,18	28,35	44,53	11,05	1,18	1,45	4,02

Внесение 160 кг/га азота увеличило содержание энергии в прибавке основной продукции в среднем на 44,4% (до 23,35 ГДж/га, см. табл. 4). Наибольшее количество энергии в зерне (29,90 ГДж/га) аккумулировалось на посевах образца 16/10. Высокие значения этого показателя (25,75–26,41 ГДж/га) отмечены также на посевах сортов Рассвет, Сударыня, Весточка и образцов 5/10, 27/10.

По совокупному содержанию энергии в основной и побочной продукции на среднем уровне азотного питания выделялись сорт Сударыня и образец 27/10 (53,09–57,29 ГДж/га), на высоком – сорт Рассвет и образцы 5/10 и 27/10 (69,15–71,64 ГДж/га).

Общие затраты энергии, связанные с применением удобрения, в зависимости от норм внесения азота и сорта колебались в пределах 9,92–18,39 ГДж/га, удельные энергозатраты – 0,86–1,67 ГДж/ц зерна. При внесении высокой нормы азота (160 кг/га) они возрастали по сравнению с нормой 100 кг/га в среднем, соответственно, на 6,18 ГДж/га (56,0%) и 0,07 ГДж/ц (6,0%). Наименьшие значения удельных энергозатрат отмечены при среднем уровне азотного питания растений на посевах образца 27/10 и сорта Сударыня (0,86–0,93 ГДж/ц), при высоком – на посевах образца 16/10 (1,02 ГДж/ц).

Таблица 4. Энергетическая эффективность применения азотного удобрения в норме 160 кг/га д.в. при возделывании сортов и образцов яровой пшеницы (среднее за 2013–2015 гг.)

Сорта, образцы	Содержание энергии в прибавке урожайности от удобрения, ГДж/га			Затраты энергии при применении удобрения, ГДж/га	Удельные энергозатраты на 1 ц прибавки урожайности зерна, ГДж	Биоэнергетический коэффициент	
	зерно	солома	всего			зерно	зерно + солома
Рассвет	26,41	42,73	69,15	17,77	1,12	1,49	3,89
Ласка	22,92	37,53	60,45	17,16	1,24	1,34	3,52
Любава	15,78	37,90	53,68	15,90	1,67	0,99	3,38
Сударыня	25,91	38,83	64,74	17,68	1,13	1,47	3,66
Весточка	25,25	31,77	57,02	17,57	1,16	1,44	3,25
Ласточка	23,92	44,04	67,96	17,33	1,20	1,38	3,92
Чайка	24,08	36,23	60,31	17,36	1,20	1,39	3,47
5/10	25,75	45,71	71,46	17,65	1,14	1,46	4,05
11/10	24,08	41,80	65,88	17,36	1,20	1,39	3,80
15/10	20,76	39,39	60,15	16,78	1,34	1,24	3,59
16/10	29,90	31,03	60,93	18,39	1,02	1,63	3,31
18/10	18,77	35,86	54,63	16,42	1,45	1,14	3,33
24/10	17,94	35,30	53,24	16,28	1,51	1,10	3,27
26/10	23,09	40,32	63,41	17,18	1,24	1,34	3,69
27/10	25,75	45,89	71,64	17,65	1,14	1,46	4,06
Среднее	23,35	38,96	62,31	17,23	1,25	1,35	3,61

Биоэнергетический коэффициент применения азотного удобрения в норме 100 кг/га д.в. при учете содержания энергии лишь в прибавке урожайности зерна в среднем был равен 1,45, а при дополнительном учете энергии в прибавке урожайности соломы – 4,02. При увеличении нормы азота до 160 кг/га значения показателей несколько снижались (соответственно до 1,35 и 3,61), однако были достаточно высоки. Это свидетельствует о том, что азотное удобрение на посевах яровой мягкой пшеницы использовалось эффективно, и применение его с энергетической точки зрения было оправданным.

Наибольшие значения биоэнергетического коэффициента применения азотного удобрения отмечены при среднем уровне азотного питания на посевах образца 27/10 и сорта Сударыня, при высоком уровне питания – на посевах образца 16/10. На посевах образцов 15/10, 18/10 и сорта Любава на обоих уровнях питания величина биоэнергетического коэффициента была заметно ниже.

Выводы

1. Применение азотного удобрения в норме 100 кг/га д.в. на посевах сортов и образцов яровой мягкой пшеницы, возделываемых на дерново-подзолистой хорошо окультуренной почве после крестоцветных культур, повышает урожайность зерна в среднем на 9,7 ц/га и при реализации прибавки урожая в ценах продовольственного зерна 3-го класса обеспечивает условно чистый доход в размере 73,2 USD/га при рентабельности 81,4%, в ценах фуражного зерна – соответственно 24,9 USD/га и 27,0%.

2. Повышение нормы внесения азотного удобрения на посевах яровой пшеницы до 160 кг/га д.в. увеличивает прибавку урожайности зерна в среднем до 14,1 ц/га, условно чистый доход – до 97,0 USD/га (при реализации зерна в качестве продовольственного) и 27,3 USD/га (в качестве фуражного), но снижает рентабельность применения азотного удобрения в сравнении с нормой 100 кг/га д.в. в среднем, соответственно, на 10,6% и 7,4%.

3. Биоэнергетические коэффициенты применения азотного удобрения на посевах сортов и образцов яровой мягкой пшеницы, возделываемых на дерново-подзолистой легкосуглинистой хорошо окультуренной почве, при норме азота 100 кг/га в среднем равны 1,45 (при учете энергии лишь

в прибавке урожайности зерна) и 4,02 (при учете совокупной энергии в прибавках урожайности зерна и соломы), при норме азота 160 кг/га – соответственно 1,35 и 3,61.

Удельные энергозатраты на производство 1 ц прибавки урожайности зерна при применении 1-й нормы азота в среднем составляют 1,18 и ГДж, 2-й нормы – 1,25 ГДж.

4. Применение азотного удобрения на посевах сорта Сударыня и образцов 16/10, 27/10 в сравнении с иными сортами и образцами характеризуется более высокими значениями биоэнергетических коэффициентов и низкими – удельных энергозатрат на производство 1 ц прибавки урожайности зерна и обеспечивает наибольшую прибыль и рентабельность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]; под общ. ред. В. В. Лапа // Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск: Беларус. навука, 2007. – 390 с.
2. Семененко, Н. Н. Инновационная система применения азотных удобрений – важнейший элемент высокоэффективного земледелия / Н. Н. Семененко // Применение удобрений в современном земледелии: сб. материалов междунар. научно-практ. конф.; Жодино, 6 июля 2018 г. / Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – С. 15–18.
3. Климашевский, Э. Л. Теория агрохимической эффективности растений / Э. Л. Климашевский // Агрохимия. – 1990. – № 1. – С. 131–148.
4. Государственный реестр сортов / Мин-во сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь, Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 269 с.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сб. отраслевых регламентов // НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: Беларус. навука, 2012. – 288 с.
6. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.] // Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2010. – 24 с.
7. Агрохимия и система применения удобрений: учеб.-метод. пособие / С. Ф. Шекунова [и др.]; ред. И. Р. Вильдфлуш. – Горки: БГСХА, 2016. – 258 с.

Поступила в редакцию 10.02. 2020