

Н.Н.Семененко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Белорусский НИИ мелиорации и луговодства
И.М.Почицкая, кандидат сельскохозяйственных наук
НИИП "Институт почвоведения и агрохимии"
УДК 681.84:631.459.01:633.1

Влияние способов применения азотных удобрений на формирование элементов продуктивности и урожайность зерновых культур на эродированных почвах

В стационарном полевом опыте изучено влияние однократного и дробного с учетом почвенно-растительной диагностики применения азотных удобрений на формирование компонентов продуктивности зерновых культур (озимой ржи, ячменя, овса) на почвах разной степени эродированности.

Установлено, что дифференцированное применение азотных удобрений в сравнении с однократным внесением N_{90} обеспечивает повышение количества продуктивных стеблей на эродированных почвах на 8-12%, увеличение числа зерен в колосе и массы 1000 зерен. При этом урожайность зерновых культур повышается на среднесмытой почве у озимой ржи на 3,7 ц/га, у ячменя на 10,0 и у овса на 7,4 ц/га, на сильноэродированной соответственно на 6,5; 13,2 и 6,3 ц/га.

The impact of applying nitrogen fertilizers on the formation of the elements of cereals' productivity (winter rye, barley, oats) on eroded soils has been studied on the basis of single time and repeated application, differently eroded soils and keeping in mind the soil-plant diagnosis.

It has been proved that repeated applications of nitrogen, as compared with single time application of N_{90} , on 8-12% eroded soils ensures increasing the productivity of stems, the number of grains and the weight of 1000 grains. In these conditions the yield of cereals increases on middle eroded soils by 0.37t/h for winter rye, 1.0t/h for barley, 0.74t/h for oats and on strongly eroded soils accordingly by 0.65; 1.31; and 0.63t/h.

Урожайность зерна и его качество являются конечным результатом ряда сложнейших физиолого-биохимических процессов, которые в различные периоды жизни растений отличаются по направленности и интенсивности. Важное условие получения высокой урожайности зерновых культур — формирование оптимальной его структуры.

Основными элементами, которые определяют урожайность зерновых, являются количество продуктивных стеблей, число зерен в колосе, масса 1000 зерен [1]. Уровень урожайности зависит на 50% от плотности продуктивного стеблестоя, на 25% — от числа зерен в колосе и на 25% — от массы 1000 зерен [2,3]. На формирование показателей структуры урожайности зерновых культур влияют почвенно-климатические условия, сорт, густота посевов, применение удобрений [4,5]. Особенно тесно связано формирование компонентов продуктивности с уровнем азотного питания в основные этапы органогенеза растений.

В условиях Беларуси оптимальная плотность продуктивного стеблестоя перед уборкой составляет у озимой ржи 400-500 шт/м², у ячменя — 600-700, у овса — 500 шт/м² [6,7].

Озерненность соцветия — определяющий показатель его продуктивности, а значит, и урожайности. У озимой ржи чаще всего формируется по 2 зерна в колоске и по 30-35 в колосе, у ячменя колосок одноцветковый, а в соцветии — чаще 18-20 зерен, у овса эти показатели соответственно 1,5 и 20-25 зерен [8]. Другим важным элементом продуктивности соцветия зерновых культур является масса 1000 зерен, ее величина в среднем равна у озимой ржи 46 г, у ячменя — 45 и овса — 35 г [9].

Почвы, подверженные эрозийным процессам, характеризуются худшими агрохимическими и агрофизическими свойствами, что, несомненно, сказывается на показателях структуры и на урожайности в целом. Исследованиями [10,11] на эродированных почвах установлено, что абсолютная величина урожая на таких почвах ниже, чем на незэродированных. Для получения урожайности, близкой к незэродированным почвам, рекомендуется дозы азота увеличивать на 30-60%. Однако внесение повышенных доз азотных удобрений связано с увеличением себестоимости продукции, потерями азота и загрязнением окружающей среды азотистыми соединениями и не всегда способствует увеличению продуктивности. Наиболее прогрессивным в настоящее время признается применение удобрений с корректировкой доз по результатам почвенно-растительной диагностики [12,13].

Внесение удобрений с учетом биологических особенностей культуры является важнейшим средством управления формирования структуры урожайности. Так, азотная подкормка в фазу кущения влияет в первую очередь на густоту стеблестоя, в фазу выхода растений в трубку — на число зерен в соцветии, а в фазу колошения — на массу 1000 зерен и содержание белка в зерне [14].

На эродированных почвах в условиях Беларуси этот вопрос изучен недостаточно. В связи с этим целью

наших исследований являлось изучение влияния дифференцированного применения азотных удобрений под зерновые культуры на формирование компонентов продуктивности и урожайности в целом.

Исследования проводили на стационаре “Стоковые площадки”, заложенном на дерново-палево-подзолистых незэродированных, средне- и сильноэродированных почвах, развивающихся на легких лессовидных суглинках, в экспериментальной базе “Курасовщина” Минского района. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта (Ап): несмытая почва — гумус — 1,53%, рН в КС1 — 5,64, P₂O₅ — 196-208 и K₂O — 186-199 мг/кг; среднесмытая — гумус — 1,46-1,47%, рН в КС1 — 5,53-5,55, P₂O₅ — 201-204 и K₂O — 194-205 мг/кг; сильносмытая — гумус — 1,09-1,21%, рН в КС1 — 5,30-5,41, P₂O₅ — 189-192 и K₂O — 182-190 мг/кг.

В звене зернотравяного севооборота возделывали озимую рожь сорта Пуховчанка, ячмень — Заерский-85, овес — Альфа.

Схема опыта включала два варианта внесения азотных удобрений:

1. Однократное (N₉₀) — доза усредненная для почв разной степени эродированности (базовый вариант).

2. Дробное — доза азота в ранневесеннюю подкормку озимой ржи и основное внесение под яровые определялась на основе результатов почвенной, а в конце фазы кущения — начало трубкования — растительной диагностики.

Таблица 1. Дозы азотных удобрений в подкормку зерновых культур, кг/га д.в.

Культура	Почва		
	несмытая	средне-смытая	сильно-смытая
	Дозы азота, кг/га*		
Озимая рожь	N35/+N30//	N40/+N30//	N50/+N40//
Ячмень	N40/+N30//	N45/+N30//	N55/+N40//
Овес	N30/+N30//	N40/+N30//	N50/+N30//

Примечание. * азотные удобрения вносили: N/ — в ранневесеннюю подкормку озимой ржи и основное внесение под ячмень и овес; N// — в подкормку в конце фазы кущения — начало трубкования.

Результаты и обсуждение

Густота продуктивного стеблестоя — наиболее важный, поддающийся регулированию элемент структуры зерновых культур. Результаты исследований показали, что количество побегов растений озимой ржи, ячменя и овса в процессе роста и развития довольно широко варьирует по стадиям органогенеза, а также от степени эродированности почв и способов применения азотных удобрений.

С возобновлением вегетации весной у озимой ржи продолжалось интенсивное образование боковых побегов. В этот период плотность побегообразования достигла 923-1123 шт/м² (рис. 1). Затем по мере роста

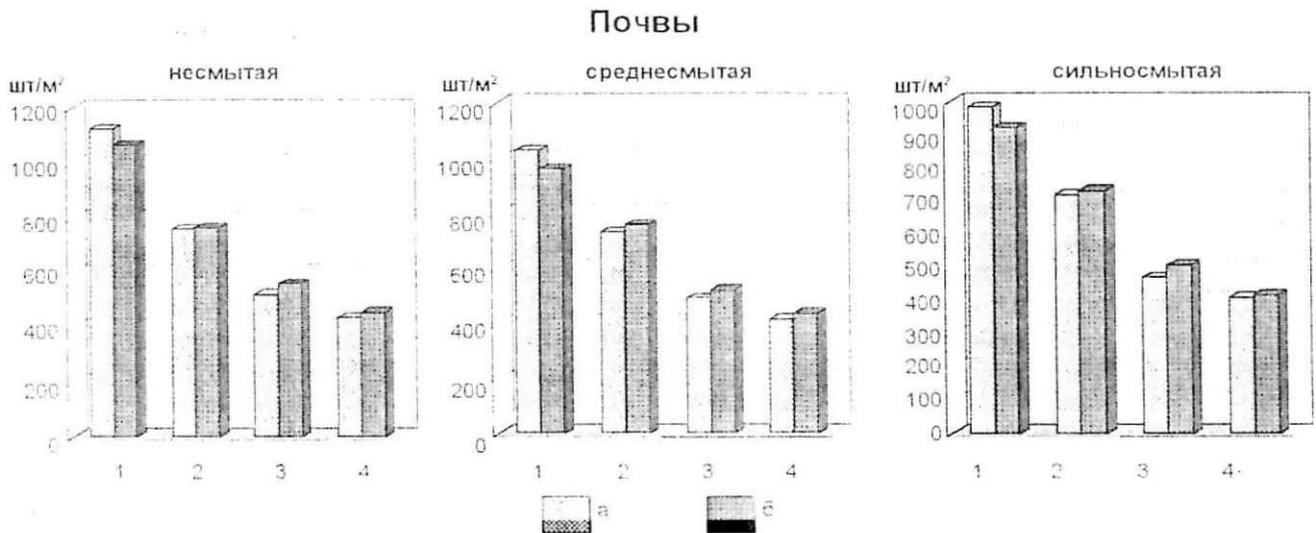


Рис. 1. Динамика побегообразования озимой ржи.

Сроки отбора проб: 1 фаза — начало трубкавания, 2 — последнего листа, 3 — колошения, 4 — созревания. Внесение удобрений: а — однократное, б — дробное.

и развития происходило постепенное отмирание части побегов. Так, в фазу последнего листа их было уже 719-762 и колошения — 470-560 шт/м². Минимальное количество побегов отмечено в период созревания озимой ржи — 410-456 шт/м².

Степень эродированности почв также влияла на побегообразование и плотность продуктивного стеблестоя. На эродированных почвах количество побегов было меньшим по сравнению с незэродированными. Так, в фазу выхода в трубку на среднесмытых почвах было на 95-103 шт/м², на сильносмытых — на 137-139 меньше побегов, чем на несмытых. Уменьшение количества

побегов наблюдалось во все фазы развития растений на таких почвах.

Плотность побегообразования озимой ржи также изменялась в зависимости от способов применения азотных удобрений. Внесение N_{90} в один прием в ранневесеннюю подкормку способствовало усиленному образованию побегов, значительная часть которых в дальнейшем редуцировалась. Применение же меньших доз азотных удобрений на основе диагностики обеспечивало умеренное весеннее побегообразование, поэтому здесь наблюдается меньшая редукция побегов на единицу площади. Например, в фазу последнего листа при однократ-

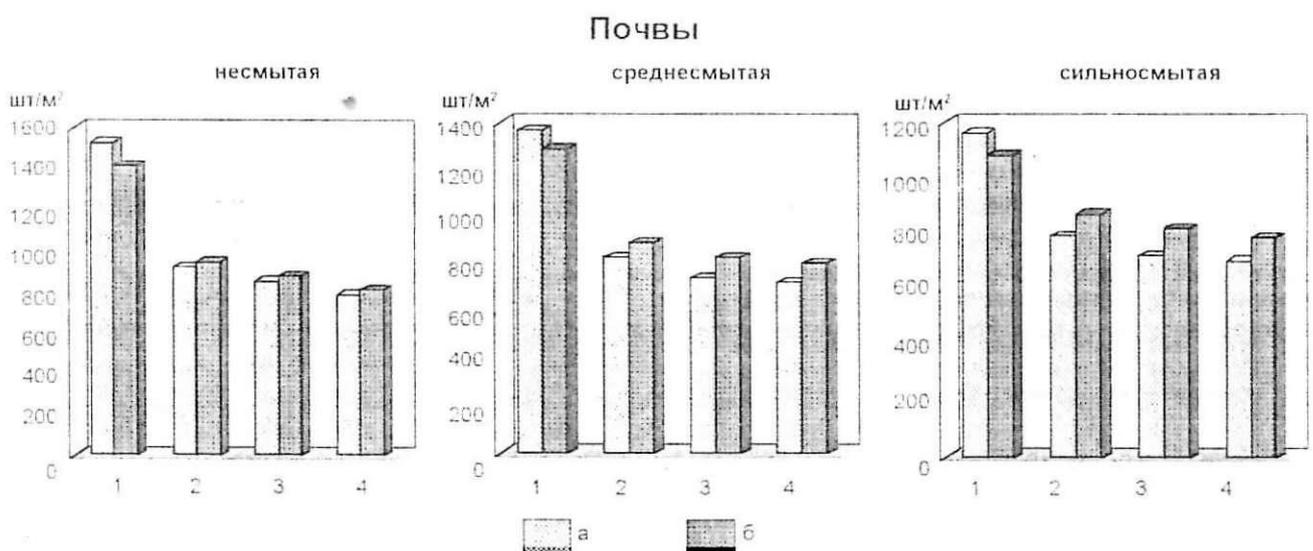


Рис. 2. Динамика побегообразования ячменя.

Сроки отбора проб: 1 фаза — начало трубкавания, 2 — последнего листа, 3 — колошения, 4 — созревания. Внесение удобрений: а — однократное, б — дробное.

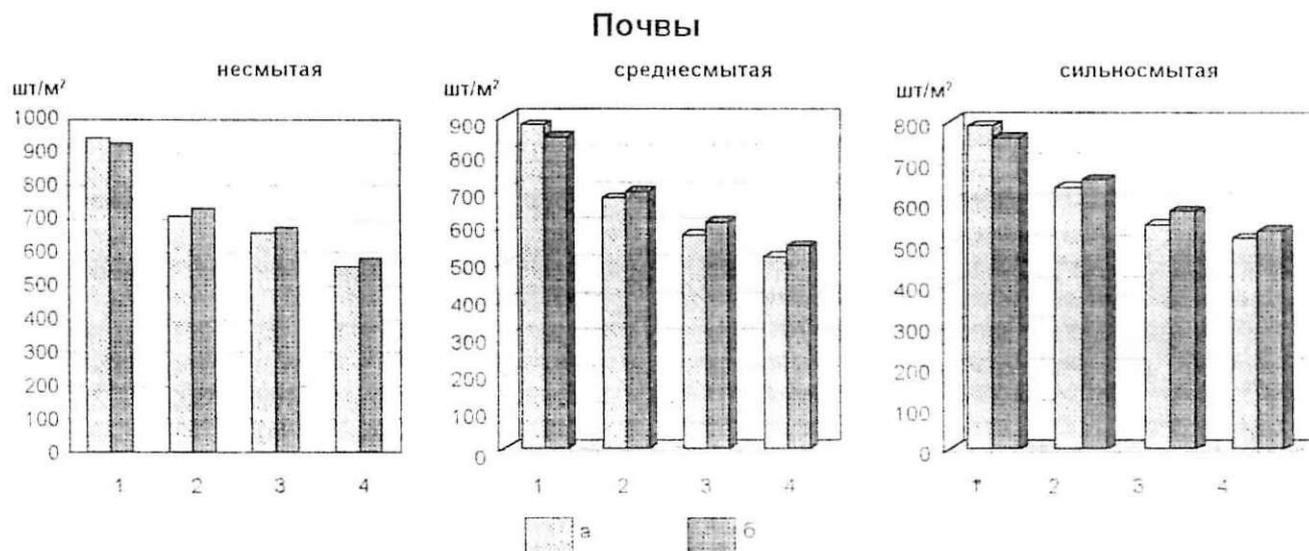


Рис 3. Динамика побегообразования овса.

Сроки отбора проб: 1 фаза — начало трубкавания, 2 — последнего листа, 3 — колошения, 4 — созревания. Внесение удобрений: а — однократное, б — дробное.

ном внесении азотных удобрений плотность побегов составила на несмытых почвах 758, среднесмытых — 731, сильносмытых — 719 шт/м², а при дробном внесении удобрений соответственно 762, 757, 732 шт/м².

Установлена зависимость побегообразования озимой ржи от уровня азотного питания, описываемая следующими уравнениями регрессии:

фаза начало трубкавания — $y = -6,38 + 0,17x - 0,0006x^2$, $r = 0,96$;

последнего листа — $y = -141,63 + 0,36x$, $r = 0,96$;

колошения — $y = -216,23 + 1,08x - 0,0007x^2$, $r = 0,99$.

У ячменя наибольшее количество побегов также отмечено в начале фазы выхода в трубку (рис.2). К периоду созревания происходит редукция 32-51% побегов. Поэтому в эту фазу установлено наименьшее их количество — 703-811 шт/м².

В зависимости от степени эродированности почв отмечается различие в побегообразовании растений ячменя. Если в фазу выхода в трубку на несмытых почвах было 1420-1530 шт/м², то на среднесмытых — 1290-1370, на сильносмытых — 1080-1160 шт/м².

Внесение повышенных доз азотных удобрений в один прием способствовало усилению побегообразования в фазу кушения, однако, в дальнейшем значительная часть этих побегов отмерла. Дифференцированное же применение азотных удобрений уменьшило редукцию побегов и в фазу колошения их количество в сравнении с однократным внесением было больше на несмытых на 25 шт/м², среднесмытых — на 80, сильносмытых — на 82 шт/м².

В различные фазы развития растений установлена зависимость побегообразования ячменя от уровня азотного питания:

фаза начало трубкавания — $y = 1,49 + 0,0001x^2$, $r = 0,94$;

последнего листа — $y = -70,37 + 0,15x$, $r = 0,90$;

колошения — $y = -77,27 + 0,25x$, $r = 0,95$.

Исследование закономерности динамики побегообразования овса показало (рис.3), что максимальное число побегов образовалось к фазе начало выхода в трубку и в зависимости от условий питания составило 760-945 шт/м². Затем, с началом роста стебля, происходит редукция наиболее слабых побегов и в фазу последнего листа плотность стеблестоя составила 623-812 шт/м², а в фазу колошения — 514-725 шт/м². Наименьшее количество побегов отмечено в фазу созревания — 486-623 шт/м².

Эродированные почвы как менее плодородные не обеспечили формирование оптимального уровня стеблестоя растений овса. По мере увеличения степени эродированности почв наблюдается снижение количества побегов на единицу площади. Так, в фазу конец кушения — начало трубкавания количество побегов составило на несмытых почвах 638-736 шт/м², среднесмытых — 546-680 и сильносмытых — 514-585 шт/м².

В варианте с дробным внесением азотных удобрений меньшая доза азота в основное внесение несколько снизила кустистость овса. Азотная подкормка в фазу начало трубкавания растений обеспечила уменьшение редукции побегов в дальнейшем. Поэтому уже в фазу последнего листа отмечено большее в сравнении с вариантом однократного внесения удобрений количество побегов на несмытых почвах на 26, среднесмытых — на 18; сильносмытых — на 19 шт/м².

Установлена зависимость побегообразования овса от уровня азотного питания, описываемая следующими уравнениями регрессии:

фаза начало трубкавания — $y = -1,28 + 0,00004x^2$, $r = 0,91$;

последнего листа — $y = -43,51 + 0,15x$, $r = 0,82$;

колошения — $y = -46,19 + 0,24x$, $r = 0,87$.

Таблица 2. Структура урожайности зерновых культур

Вариант опыта*	Число продуктивных стеблей, шт/м ²			Число зерен в колосе, шт.			Масса 1000 зерен, г			Урожайность зерна, ц/га		
	а**	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б	в
Озимая рожь												
1	437	413	410	34	33	32	46,2	44,0	42,4	61,8	56,6	49,7
2	456	434	418	34	33	32	45,5	44,2	44,8	64,3	60,3	56,2
Ячмень												
1	786	723	703	19	19	18	43,1	42,0	39,8	54,3	51,0	46,0
2	811	803	785	19	19	19	43,8	42,9	41,3	56,8	61,0	59,2
Овес												
1	560	520	514	25	23	22	36,1	34,9	33,1	43,1	36,7	34,3
2	585	549	533	26	24	23	36,6	35,8	34,7	46,6	44,1	40,6

Примечание. * — применение азотных удобрений: 1 — однократное, 2 — дробное, по результатам диагностики.

** — почвы: а — несмытые, б — среднесмытые, в — сильносмытые.

Приведенные в таблице 2 показатели структуры урожайности зерновых культур показывают, что величина их зависит от условий питания растений в течение вегетации. Установлено, что на почвах, подверженных водной эрозии, происходит снижение таких показателей, как количество продуктивных побегов, число зерен в колосе, масса 1000 зерен и, как следствие, снижение урожайности.

Количество продуктивных побегов составило у озимой ржи на среднесмытой почве 94%, на сильносмытой — 93, у ячменя соответственно 92 и 89%, у овса — 93 и 91% от несмытой. Корректировка доз и сроков внесения азотных удобрений по результатам почвенной и растительной диагностики способствовала созданию наиболее оптимальных условий формирования урожая зерновых культур, что позволило сократить редукцию стеблестоя. В сравнении с однократным внесением всей дозы азота в этом варианте количество продуктивных побегов было большим на среднесмытой почве у озимой ржи на 21 шт/м², у ячменя — на 80 и у овса — на 29 шт/м².

Урожайность зерновых культур находится в прямой зависимости как от количества продуктивных побегов, так и от озерненности колоса (число зерен в колосе) и массы 1000 зерен. Полученные данные подтверждают общую закономерность формирования структуры урожайности зерновых культур. С увеличением степени эродированности почв число зерен в колосе снижалось в варианте с однократным применением азотных удобрений. При дифференцированном дробном внесении азота озерненность колоса на незэродированных и эродированных почвах была практически одинаковой.

Масса 1000 зерен также зависела от эродированности почв, доз и сроков внесения азотных удобрений. В сравнении с незэродированной почвой величина ее была ниже у озимой ржи на среднеэродированной и сильноэродированной почвах соответственно на 2,2 и 3,8 г, у ячменя — на 1,1 и 3,3, у овса — на 1,2 и 3,0 г. Азотная подкормка в фазу начало вы-

хода в трубку способствовала увеличению массы 1000 зерен на всех почвах.

Величина урожайности зерновых культур зависит от развития и количественного выражения всех вышеуказанных элементов структуры. На эродированных почвах снизилась урожайность у озимой ржи на среднесмытых почвах на 5,2 ц/га, на сильносмытых на 12,1, у ячменя соответственно на 3,3 и 8,3 ц/га, у овса — на 6,4 и 8,8 ц/га. Применение азотных удобрений на основе биологической потребности растений в азоте в течение вегетации способствовало формированию урожайности на эродированных почвах, близкой к урожайности на незэродированной почве.

Выводы

1. Снижение эффективного плодородия эродированных почв приводит к ухудшению условий формирования компонентов продуктивности зерновых культур. При внесении азотных удобрений (N₉₀) в один прием перед севом, на среднесмытых почвах в сравнении с несмытыми уменьшается количество продуктивных побегов у озимой ржи на 24 шт/м², у ячменя — на 63 и у овса — на 40 шт/м², на сильносмытых соответственно на 27, 83 и 46 шт/м². На таких почвах по всем культурам снижается число зерен в колосе от 2 до 4 шт., масса 1000 зерен на 1-4 г, в результате чего урожайность зерновых культур снижается на среднесмытых почвах у озимой ржи на 5,2 ц/га, у ячменя — на 4,3 и у овса — на 6,4 ц/га, на сильносмытых почвах соответственно на 12,2; 8,3 и 8,8 ц/га.

2. Применение на эродированных почвах азотных удобрений на основе результатов почвенной и растительной диагностики в сравнении с однократным внесением N₉₀ обеспечивает экономию азота удобрений, повышение количества продуктивных стеблей на 8-12%, увеличение числа зерен в колосе и массы 1000 зерен. При этом урожайность зерновых культур повышается на среднесмытой почве у озимой ржи на 3,7 ц/га, у ячменя — на 10,0 и у овса — на 7,4 ц/га, на сильносмытой соответственно на 6,5; 13,2 и 6,3 ц/га.

Литература

1. Биологические основы интенсивных технологий возделывания зерновых культур. Практич. руководство / Под ред. Л.В.Хотылевой. Гомель, 1991. – 135 с.
2. Агрохимическая тетрадь по возделыванию озимых зерновых культур и яровой пшеницы по интенсивным технологиям / В.П.Никонов, Б. П.Мартынов, А.Г.Осадчук и др. – Москва: Наука, 1985. – 18 с.
3. Couvreur F. Formation du rendement d'un ble et risques climatiques // *Progressives Agricoles*. – 1985. – № 95. – P. 11-15.
4. Мухаметов Э.М., Николаев М. Е., Туникова Л.К. Формирование высокопродуктивных агрофитоценозов зерновых культур: Лекция. Горки, 1992. – 27 с.
5. Савицкий М.С., Николаев М.Е. Структура урожая зерновых культур. – Горки, 1976. – 19 с.
6. Мухаметов Э.М. Особенности формирования густоты посевов и продуктивности растений зерновых культур в Беларуси. – Горки, 1980. – 27 с.
7. Ламан Н.А., Янушкевич Б.Н. Потенциал продуктивности хлебных злаков: Технол. аспекты реализации. – Минск: Наука и техника, 1987. – 53 с.
8. Натрова З., Смочек Я. Продуктивность колоса зерновых культур. – Москва: Колос, 1983. – 23 с.
9. Макарова В. М. Структура урожайности зерновых культур и ее регулирование. – Пермь, 1995. – 144 с.
10. Явтушенко В. Е. Агроэкологические аспекты эффективного применения удобрений на склоновых землях // Экологические проблемы химизации в интенсивном земледелии: Труды / ВИУА. – Москва, 1991. С. 35-39.
11. Чистик О.В. Агрохимические свойства дерново-подзолистых пылевато-суглинистых почв и особенности применения удобрений: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04. – Минск, 1992. – 20 с.
12. Семененко Н.Н., Невмержицкий Н.В. Азот в земледелии Беларуси. – Минск: Белор. изд. товарищество "Хата", 1997. – 316 с.
13. Копцева Р. Д. Дробное внесение азотных удобрений под озимую рожь // *Агрохимия*. 1996. № 3. С. 56-61.
14. Коданев И. М. Зерновое поле: Структура и технология. – Горький, Волго-Вятское кн. изд-во, 1980. – 204 с.