

ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

В.Н. БОСАК

*Полесский государственный университет,
г. Пинск, Республика Беларусь, bosak1@tut.by*

ВВЕДЕНИЕ

Озимые зерновые культуры (пшеница, тритикале, рожь) относятся к важнейшим сельскохозяйственным культурам в Республике Беларусь (рис. 1).

В 2007 г. площади посева озимой пшеницы составили 247,0 тыс. га, озимого тритикале – 399,0, озимой ржи – 584,7 тыс. га (вся посевная площадь – 5592,1 тыс. га).

Пшеница, помимо хлебопечения, широко используется для производства макарон и кондитерских изделий. Зерно тритикале и ржи применяется в хлебопекарной, кондитерской, спиртоводочной и комбикормовой промышленности. Зерно озимых зерновых культур, отходы мукомольного производства (отруби, мучная пыль), а также солома и солома используются на корм животным. Солома озимых зерновых культур применяется при производстве органических удобрений (подстилочный навоз, компосты), а также непосредственно на удобрение [1–3].

Урожайность озимых зерновых культур в среднем по Республике Беларусь остается невысокой (2007 г.: озимая пшеница – 34,3, озимое тритикале – 30,2, озимая рожь – 22,7 ц/га), что делает весьма актуальным проведение исследований по увеличению урожайности и улучшению качества товарной продукции.

Среди агротехнических факторов, влияющих на продуктивность озимых зерновых культур, большую роль играют минеральные и органические удобрения [1, 4–7]. Так, нормативная прибавка урожайности от внесения 1 т органических удобрений составляет 25 кг зерна всех озимых зерновых культур, 1 кг NPK – 6,1 кг (озимая рожь), 7,8 кг (озимая пшеница) и 8,0 кг зерна (озимое тритикале) [8].



озимая пшеница



озимая рожь



озимое тритикале

Рис. 1. Озимые зерновые культуры

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению влияния минеральных и органических удобрений на продуктивность озимых зерновых культур (озимая пшеница Легенда, озимая рожь Игуменская, озимое тритикале Михась) проводили в полевых опытах Института почвоведения и агрохимии в СПК «Щемыслица» Минского района на дерново-подзолистой легко-суглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта исследуемой почвы имела следующие показатели: pH_{KCl} – 5,8–6,2; P_2O_5 (0,2 М HCl) – 280–340; K_2O (0,2 М HCl) – 220–310 мг/кг почвы; гумус (0,4 М $K_2Cr_2O_7$) – 2,0–2,5% (индекс агрохимической окультуренности 0,92).

Схема опытов предусматривала внесение минеральных и органических удобрений (подстилочный навоз КРС, карбамид, хлористый калий, аммонизированный суперфосфат) (табл. 1). Органические удобрения вносили в занятом пару, фосфорные и калийные – осенью под предпосевную культивацию, азотные – весной в начале возобновления вегетации и в фазу первого узла.

Агротехника возделывания озимых зерновых культур – общепринятая для Республики Беларусь. Схемы опытов были реализованы на фоне интегрированной системы защиты растений. Учет урожая – сплошной

поделяночный. Агрохимические показатели пахотного горизонта ($pH_{КСР}$, содержание P_2O_5 , K_2O , гумус), качественные показатели зерна и соломы озимых зерновых культур, экономическую эффективность применения удобрений определяли по общепринятым методикам [9–12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение минеральных и органических удобрений оказало существенное влияние на урожайность и качество озимых зерновых культур (табл. 1). Урожайность озимого тритикале в среднем за три года исследований составила 43,7–93,1 ц/га, озимой пшеницы – 32,1–70,7, озимой ржи – 45,6–84,3 ц/га.

Внесение в занятом пару 40 т/га подстилочного навоза КРС увеличило урожайность озимого тритикале на 13,4 ц/га, озимой пшеницы – на 12,1, озимой ржи – на 12,8 ц/га при окупаемости 1 т навоза 30,3–33,5 кг зерна.

Применение полного минерального удобрения способствовало дополнительному сбору зерна озимого тритикале 35,0–36,0 ц/га, зерна озимой пшеницы – 24,3–26,6, зерна озимой ржи – 24,8–25,9 ц/га. Более эффективным оказалось внесение весной в начале возобновления вегетации N_{60} в сочетании с дополнительной подкормкой в фазу первого узла N_{30} на фоне предпосевного применения $P_{60}K_{120}$, которое обеспечило прибавку урожайности соответственно 36,0, 24,3 и 24,8 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 13,3, 9,0 и 9,2 кг зерна. Увеличение дозы азотной ранневесенней подкормки до 90 кг/га д.в. не оказало существенного влияния на увеличение урожайности всех озимых зерновых культур, снижая одновременно окупаемость минеральных удобрений.

Таблица 1. Влияние удобрений на урожайность озимых зерновых культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве

Вариант	Зерно, ц/га	Прибавка, ц/га		Сырой белок, %	Сбор сырого белка, ц/га	Масса 1000 зерен, г
		навоз	NPK			
Озимое тритикале						
Без удобрений	43,7	–	–	9,8	3,7	54,8
Навоз, 40 т/га	57,1	13,4	–	10,4	5,1	55,5
Навоз + $N_{60+30}P_{60}K_{120}$	93,1	–	36,0	12,7	10,2	52,6
Навоз + $N_{90+30}P_{60}K_{120}$	92,1	–	35,0	12,7	10,1	51,6
НСР ₀₅	2,1			0,5		1,5
Озимая пшеница						
Без удобрений	32,1	–	–	10,9	3,0	50,1
Навоз, 40 т/га	44,2	12,1	–	11,5	4,4	50,5
Навоз + $N_{60+30}P_{60}K_{120}$	68,5	–	24,3	13,2	7,8	49,7
Навоз + $N_{90+30}P_{60}K_{120}$	70,7	–	26,5	14,1	8,6	49,2
НСР ₀₅	2,8			0,5		1,5
Озимая рожь						
Без удобрений	45,6	–	–	9,1	3,6	54,1
Навоз, 40 т/га	58,4	12,8	–	9,3	4,7	55,4
Навоз + $N_{60+30}P_{60}K_{120}$	83,2	–	24,8	10,7	7,7	55,0
Навоз + $N_{90+30}P_{60}K_{120}$	84,3	–	25,9	11,0	8,0	54,2
НСР ₀₅	2,3			0,5		1,8

Роль почвенного плодородия в формировании урожайности озимых зерновых культур в наших исследованиях оказалась наибольшей – 47–55%, что связано, в первую очередь, с высокой окультуренностью почвы (индекс агрохимической окультуренности 0,92) (рис. 2). Кроме того, в Республике Беларусь дерново-подзолистые легкосуглинистые почвы относятся к наиболее продуктивным [8]. Минеральные удобрения способствовали получению 30–39%, органические удобрения – 14–18% урожайности зерна.



Рис. 2. Долевое участие отдельных факторов в формировании урожайности озимых зерновых культур

При возделывании озимых зерновых культур наряду с показателями урожайности немаловажное значение отводится качеству зерна, которое используется для питания человека, в качестве корма для животных и сырья для промышленности [2].

В наших исследованиях на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве минеральные и органические удобрения оказали наибольшее влияние на содержание сырого белка в зерне озимой пшеницы и озимого тритикале: внесение органических удобрений увеличило содержание сырого белка на 0,6 %, минеральных удобрений – на 1,7–2,6 % при максимальном содержании белка 10,9–14,1 % в зерне озимой пшеницы. При возделывании озимой ржи лишь применение минеральных удобрений способствовало существенному возрастанию белковости зерна с 9,3 до 10,7–11,0 %.

Увеличение дозы азотных удобрений с 90 до 120 кг/га д.в. способствовало повышению содержания сырого белка на 0,9 % только в зерне озимой пшеницы. При этом внесение $N_{90+30} P_{60} K_{120}$ на фоне 40 т/га подстильного навоза КРС обеспечило содержание белка в зерне пшеницы, соответствующее продовольственному зерну 1 класса (содержание клейковины составило 32 %).

Следует отметить, что величина белковости зерна в определенной мере связана с массой 1000 зерен: с уменьшением их массы увеличивается содержание белка, что связано с повышением доли алейронового слоя и зародыша в массе зерновки. Данная закономерность подтверждается и в наших исследованиях.

Применение удобрений не только оказывает влияние на содержание белка, но изменяет и его качество. Установлено, что биосинтез индивидуальных, специфических для данного организма белков определяется генетическими факторами. Поэтому нельзя изменить фракционный или аминокислотный состав индивидуальных растительных белков теми или иными агротехническими приемами. Однако при этом можно в определенной степени влиять на количество той или иной фракции или аминокислоты, в том числе и внесением минеральных и органических удобрений [2].

В наших исследованиях применение подстильного навоза КРС и полного минерального удобрения способствовало увеличению содержания критических и незаменимых аминокислот в зерне всех озимых зерновых культур (табл. 2).

Таблица 2. Влияние удобрений на аминокислотный состав зерна и биологическую ценность белка озимых зерновых культур

Вариант	Содержание аминокислот, г/кг зерна			Аминокислотный скор. %		
	лизин	критические*	незаменимые*	лизин	критические*	незаменимые*
Озимое тритикале						
Без удобрений	3,93	9,25	33,93	72,9	79,3	110,3
Навоз, 40 т/га	4,05	9,70	35,38	70,8	78,4	108,3
Навоз + $N_{60+30} P_{60} K_{120}$	4,92	12,43	42,96	70,4	82,2	107,7
Навоз + $N_{90+30} P_{60} K_{120}$	4,78	11,90	41,65	68,4	78,7	104,4
Озимая пшеница						
Без удобрений	3,58	9,10	34,96	59,7	70,2	102,1
Навоз, 40 т/га	3,63	9,18	35,28	57,4	67,1	97,7
Навоз + $N_{60+30} P_{60} K_{120}$	3,92	9,95	38,31	54,0	63,3	92,4
Навоз + $N_{90+30} P_{60} K_{120}$	3,97	10,06	38,54	51,2	60,0	87,0
Озимая рожь						
Без удобрений	3,79	8,74	31,58	75,7	80,7	110,5
Навоз, 40 т/га	3,82	8,83	32,08	74,7	79,8	109,9
Навоз + $N_{60+30} P_{60} K_{120}$	4,06	9,37	35,64	69,0	73,5	106,1
Навоз + $N_{90+30} P_{60} K_{120}$	4,09	9,48	35,78	67,6	72,4	103,6

*Критические аминокислоты – лизин, треонин, метионин;

незаменимые аминокислоты – лизин, треонин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин

Содержание лизина в зерне озимого тритикале в удобренных вариантах возросло с 3,93 до 4,92 мг/кг, суммы критических аминокислот (лизин, треонин, метионин) – с 9,25 до 12,43, суммы незаменимых аминокислот (лизин, треонин, метионин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин) – с 33,93 до 42,96 мг/кг зерна. В зерне озимой пшеницы применение минеральных и органических удобрений увеличило содержание лизина с 3,58 до 3,97 мг/кг, суммы критических аминокислот – с 9,10 до 10,06, суммы незаменимых аминокислот – с 34,96 до 38,54 мг/кг зерна; в зерне озимой ржи – соответственно с 3,79 до 4,09, с 8,74 до 9,48 и с 31,58 до 35,78 мг/кг зерна.

Белковость зерна и его аминокислотный состав не всегда являются решающим показателем его питательности и эффективности используемой технологии производства. Ни интегрированные, ни отдельные показатели аминокислотного состава не могут служить количественной мерой биологической ценности продоволь-

ственного зерна. Наиболее полно биологическая ценность продукции определяется в исследованиях на живых организмах. Однако существуют расчетные методы определения биологической ценности, при которых сравнивают состав и содержание аминокислот в исследуемой продукции с содержанием аминокислот в эталонных белках (напр. «эталонный белок» ФАО/ВОЗ (Комитет по продовольствию ООН и Всемирная организация здравоохранения – аминокислотный скор)) [2, 12–14].

Лимитирующей аминокислотой в белке всех озимых зерновых культур оказался лизин, содержание которого в белке зерна озимой пшеницы составило 51,2–59,7 % от рекомендованных норм ФАО/ВОЗ (55 мг/г белка), в белке зерна озимого тритикале – 68,4–72,9 %, в белке зерна озимой ржи – 67,6–75,7 %. Содержание критических аминокислот в наших исследованиях оказалось в пределах 60,0–80,7 %, незаменимых аминокислот – 87,0–110,5 % от рекомендованных норм ФАО/ВОЗ (соответственно 119 и 314 мг/г белка).

Наиболее ценным по биологической ценности оказался белок зерна озимой ржи и озимого тритикале, который по содержанию незаменимых аминокислот соответствовал международным стандартам во всех исследуемых вариантах (103,6–110,5%). Белок зерна озимой пшеницы лишь в контрольном варианте без применения удобрений на 102,1% соответствовал рекомендованным параметрам ФАО/ВОЗ. Применение минеральных и органических удобрений снижало биологическую ценность белка в зерне всех зерновых культур, что связано с более высокими темпами увеличения содержания сырого белка в сравнении с ростом содержания незаменимых аминокислот в белке.

При оценке эффективности применения удобрений наряду с показателями агрономической эффективности используют показатели экономической эффективности, которые позволяют выделить наиболее выгодные варианты для использования в производстве [4, 9].

В наших исследованиях наибольшие показатели чистого дохода применения полного органоминерального удобрения в лучших по урожайности вариантах (40 т/га подстилочного навоза $KPC + N_{60+30}P_{60}K_{120}$) получены при возделывании озимой пшеницы (цены на продукцию и удобрения на 1.09.2007 г.) (рис. 3).



Рис 3. Экономическая эффективность применения минеральных и органических удобрений при возделывании озимых зерновых культур

При реализации продовольственного зерна пшеницы расчетный чистый доход от применения минеральных и органических составил 262,9 \$/га. Реализация продовольственного зерна озимого тритикале может обеспечить получение 142,7 \$/га чистого дохода, продовольственного зерна озимой ржи – 17,2 \$/га. При реализации зерна на фураж расчетный чистый доход существенно снижается – 73,8 \$/га для озимого тритикале и 42,8 \$/га для озимой пшеницы. Реализация зерна озимой ржи на фураж вообще оказалась убыточной, что связано со значительной разницей государственных закупочных цен на продовольственное и фуражное зерно различных культур. Так, на 1.09.2007 г. закупочная цена на продовольственное зерно пшеницы (2 класс, ГОСТ 9353–90) составила 340 тыс. белорусских рублей за 1 тонну, фуражное зерно пшеницы (СБТ 1135–98) – 210 тыс. рублей; продовольственное зерно тритикале (группа А, СТБ 1522–2005 с изменением № 1, ТУ РБ 00959441.155–94 с изменениями № 1–3) – 210 тыс. рублей, фуражное зерно тритикале (группа Б, СТБ 1193–1999 с изменением № 1, ТУ РБ 00959441.155–94 с изменениями № 1–3) – 180 тыс. рублей; продовольственное зерно озимой ржи (группа А, ГОСТ 16990–88 с изменениями № 1–2) – 190 тыс. рублей, фуражное зерно озимой ржи (СТБ 1134–98 с изменением № 1) – 154 тыс. рублей за 1 тонну. При этом агрономическая эффективность применения минеральных и органических удобрений для всех озимых зерновых культур приблизительно одинакова (доля удобрений в формировании урожайности в наших исследованиях оказалась 45–53%) при одинаковых затратах на закупку, транспортировку и внесение удобрений.

ВЫВОДЫ

При возделывании озимой ржи Гумеиская и озимого тритикале Міхась на дерново-подзолистой легко-суглинистой почве применение весной в начале возобновления вегетации N_{60} в сочетании с дополнительной подкормкой N_{30} в фазу первого узла на фоне 40 т/га подстилочного навоза КРС и $P_{60}K_{120}$ обеспечило урожайность зерна 83,2 и 93,1 ц/га при содержании сырого белка 10,7 и 12,7%. Содержание незаменимых аминокислот в белке при данной системе удобрения оказалось 106,1-107,7% от рекомендованных норм ФАО/ВОЗ. Прибавка урожая зерна от внесения органических удобрений в рекомендованном варианте составила 12,8-13,4, минеральных удобрений – 24,8-36,0 ц/га при окупаемости 1 т навоза 32,0-33,5 кг, 1 кг NPK – 9,2-13,3 кг зерна.

При возделывании озимой пшеницы Легенда внесение $N_{90+30}P_{60}K_{120}$ на фоне 40 т/га навоза обеспечило урожайность зерна 68,5 ц/га при содержании сырого белка 13,2%. Увеличение дозы азотных удобрений до 120 кг/га д.в. (N_{90+30}) повысило содержание сырого белка в зерне до 14,1% при урожайности 70,7 ц/га.

Наибольшую экономическую эффективность применения полного органоминерального удобрения обеспечила реализация зерна пшеницы на продовольственные цели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голуб, И.А. Научные основы формирования высоких урожаев озимых зерновых культур в Беларуси / И.А. Голуб. – Минск: Еврокнига, 1996. – 200 с.
2. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 120 с.
3. Методические указания по учету и применению органических удобрений / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 16 с.
4. Босак, В.Н. Система удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах / В.Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2003. – 176 с.
5. Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси / Ф.И. Привалов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 448 с.
6. Aufhammer, W. Getreide- und andere Kornerfruchtarten / W. Aufhammer. – Stuttgart: Eugen Ulmer, 1998. – 560 S.
7. Sturm, H. Gezielte Düngungen / H. Sturm, A. Buchner, W. Zerulla. – DLG-Verlags-GmbH, 1994. – 471 S.
8. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
9. Методика определения агрономической и экономической эффективности удобрений и прогнозирования урожая сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 1988. – 20 с.
10. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 304 с.
11. Практикум по агрохимии / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 270 с.
12. Рекомендации по определению биологической ценности белка сельскохозяйственных культур / И.М. Богдевич [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2005. – 14 с.
13. Босак, В.М. Біялагічная каштоўнасць азімых збожжавых культур у залежнасці ад умоў жыццелення / В.М. Босак // Весці НАН Беларусі, серыя аграрных навук. – 2006. – № 2. – С. 60-63.
14. Bosak, V. Biologischer Wert des Winterweizens in Abhängigkeit vom Düngungsniveau / V. Bosak, A. Smeyanovich // Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. – 2004. – Nr. 104. – S. 13-14.

WINTER CEREALS PRODUCTION DEPENDING ON FERTILIZER APPLICATION

V.N. BOSAK

Summary

The dose of nitric fertilizer increased to 120 kg ha⁻¹ (N_{90+30}). It has led to increasing of raw protein, which contains in winter wheat up to 14.1 %.

The grain protein of winter cereals contains 87.0-110.5% of essential amino acid. It fits to FAO/WHO recommended standards. The most biologically valuable culture among winter cereals, containing protein were winter rye and winter triticale (103.6-110.5%) from FAO/WHO recommended standarts).

Поступила в редакцию 2 июня 2008 г.