

УДК 631.81:631.821:631.559:633.11“324”(470.12)

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ХЛЕБОПЕКАРНЫЕ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

© 2020 г. А. Н. Налиухин^{1,*}, Д. А. Белозёров¹

¹ Вологодская государственная молочно-хозяйственная академия им. Н.В. Верещагина
160555 Вологда, ул. Шмидта 2, Россия

*E-mail: naliuhin@yandex.ru

Поступила в редакцию 13.05.2019 г.

После доработки 26.05.2019 г.

Принята к публикации 10.10.2019 г.

Повышение урожайности озимой пшеницы должно сопровождаться улучшением качества получаемого в стране зерна. В настоящей работе представлена сравнительная эффективность органических, минеральных, органо-минеральных систем удобрения и известкования при возделывании озимой пшеницы сорта Московская 56. Показано, что на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве в условиях севера Нечерноземной зоны России возможно получение урожайности озимой пшеницы 35.6–42.8 ц/га, в благоприятные годы – 75.6 ц/га. Такой уровень урожайности озимой пшеницы достигается при органо-минеральной системе удобрения, основанной на внесении навоза 50 т/га в занятком пару, минеральных удобрений в дозе N30P30K60 до посева и N50 в подкормку на фоне известкования. При этом получается зерно с содержанием белка 14.1%, сырой клейковины – 31.3% II-й группы качества, с объемным выходом хлеба 870 см³, при общей хлебопекарной оценке 4.3 балла. Применение только органических удобрений не позволило получить зерно выше 4-го класса.

Ключевые слова: озимая пшеница, удобрения, урожайность, качество зерна, хлебопекарная оценка, северное Нечерноземье.

DOI: 10.31857/S000218812001010X

ВВЕДЕНИЕ

Для дальнейшего повышения валового сбора зерна в России до 145–150 млн т необходимо повысить урожайность зерновых культур до 27–30 ц/га, что невозможно без расширенного воспроизводства плодородия почв путем применения минеральных, органических удобрений и химических мелиорантов [1].

В последние годы с созданием новых высокоурожайных, зимостойких сортов озимой пшеницы, пригодных для хлебопечения, значительно возрастает интерес к возделыванию этой культуры в Нечерноземной зоне страны [2]. Например, в опытах ЦОС ВНИИА наиболее высокие и устойчивые урожаи зерна озимой пшеницы (6.5–7.5 т/га) с содержанием белка 12.8–14.0%, клейковины – 28–30% и хорошими технологическими и хлебопекарными качествами получены при внесении удобрений в дозах N90-135P90K120 [3]. Большое влияние на изменение урожайности и качества зерна оказывали погодные условия в период активной вегетации культуры.

Исследования, проведенные на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в длительном опыте на ДАОС, показали, что систематическое применение навоза и минеральных удобрений повышало урожайность озимой пшеницы сорта Московская 39 до 6.6–7.1 т/га против 3.9 т/га на неизвесткованном контроле. Авторы отмечали увеличение под действием удобрений содержания белка в зерне, что в сочетании с ростом урожайности привело к значительному увеличению его сбора и выноса элементов питания урожаем [4].

В последние годы, площади, отводимые под озимую пшеницу, увеличиваются и в северном Нечерноземье. Однако на практике средняя урожайность в регионе составляет всего 1.8–2.0 т/га и менее. Во многом это обусловлено низким уровнем внесения удобрений. Например, в Вологодской обл. на 1 га пашни в 2015 г. с минеральными удобрениями поступило: азота – 16.7, фосфора – 8.1 и калия – 8.8 кг/га. Дозы органических удобрений составили всего 3.0 т/га, в то время как для обеспечения бездефицитного баланса гумуса

требуется не менее 10–12 т/га [5]. Как следствие, в течение 22 лет складывается отрицательный баланс азота и фосфора, 24 лет – калия в земледелии региона, что привело к снижению содержания подвижных форм фосфора и калия в почве, а также повышению кислотности из-за ничтожно малых объемов известкования [5].

С этих позиций стационарный полевой опыт с различными системами удобрения, заложенный на опытном поле Вологодской ГМХА, представляет собой основу для изучения динамики свойств почвы и продуктивности культур севооборота, разработки научно-практических рекомендаций по применению средств химизации для хозяйств региона [6–8].

Цель работы – оценка влияния органических, минеральных, органо-минеральных систем удобрения на фоне известкования и без него на продуктивность, технологические и хлебопекарные качества зерна озимой пшеницы сорта Московская 56, возделываемой на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве, типичной для Нечерноземья.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в двухфакторном полевом опыте, заложенном на опытном поле кафедры растениеводства, земледелия и агрохимии Вологодской ГМХА осенью 2014 г., в котором изучали сравнительную эффективность навоза, минеральных и органо-минеральных (ОМУ) удобрений в зависимости от известкования. Почва опытного участка – дерново-среднеподзолистая легкосуглинистая окультуренная. Пахотный горизонт мощностью 20 см перед закладкой опыта имел следующие агрохимические показатели: pH_{KCl} 5.1–5.2, содержание почвенного органического углерода ($C_{орг}$) – 1.50–1.86%, подвижного фосфора – 251–296, калия – 116–148 мг/кг почвы (по Кирсанову), гидролитическая кислотность (по Каппену) – 3.40–4.14 ммоль(экв)/100 г, сумма поглощенных оснований (по Каппену–Гильковицу) – 10.5–12.8 ммоль(экв)/100 г почвы [9].

Исследование проводили в 5-польном полевом севообороте: викоовсяная смесь (на зеленую массу) – озимая пшеница – ячмень (с подсевом клевера лугового) – клевер луговой – овес. Опыт развернут в пространстве на 3-х последовательно вводимых полях. Площадь делянок – 100 м², повторность трехкратная, размещение вариантов систематическое.

Озимую пшеницу сорта Московская 56 селекции ФИЦ “Немчиновка” возделывали последовательно на каждом из 3-х полей в 2016–2018 гг.

после викоовсяной смеси, выращенной на зеленую массу.

В опыте применяли различные системы удобрения (фактор *B*): органическую – вариант 2, минеральную – вариант 3, органо-минеральную – варианты 4–6, которые изучали на двух фонах (фактор *A*): с известкованием и без внесения $CaCO_3$ (табл. 1). В контрольном варианте 1 удобрения не вносили. К моменту посева озимой пшеницы под действием известкования в дозе по 1.0 H_T , сформировали 2 уровня кислотности – pH_{KCl} 5.8–5.9 и pH_{KCl} 5.1–5.2.

Все системы удобрения за полную ротацию севооборота уравниваются по количеству внесенного азота. Количество азота, фосфора и калия, вносимых с минеральными удобрениями, соответствовало их поступлению с навозом в дозе 50 т/га (N150). В варианте 5, при совместном внесении органических и минеральных удобрений общее количество д.в. было в 2 раза больше по сравнению с вариантами 2–4 и 6, что составляло N300P240K450.

Схема внесения удобрений под озимую пшеницу в 2016–2018 гг. была следующей, варианты: 1 – контроль (без удобрений), 2 – навоз 50 т/га, 3 – N30P30K60 + N50 в подкормку, 4 – навоз 25 т/га + N15P15K30 + N25 в подкормку, 5 – навоз 50 т/га + N30P30K60 + N50 в подкормку, 6 – ОМУ₆ (N30P30K34) + N50 в подкормку.

Органические и известковые удобрения вносили в занятом викоовсяном пару под вспашку. На озимой пшенице изучали 1-й год их последствий. Минеральные и органо-минеральные удобрения вносили ежегодно согласно схеме опыта осенью до посева озимой пшеницы. Весной в вариантах 3, 5 и 6 в период возобновления весенней вегетации проводили подкормку аммиачной селитрой в дозе N50, в варианте 4 – N25.

Удобрения вносили в форме Naa, Kx, а также комплексного азотно-фосфорно-калийного удобрения марки 15:15:15+7%S; органо-минерального удобрения – ОМУ₆ (7:7:8 + микроэлементы) производства ОАО “Буйский химический завод”, модифицированного биопрепаратом бисолбифит [10]. В качестве известкового удобрения использовали известняковую муку (98% $CaCO_3$).

Учет урожайности озимой пшеницы проводили сплошным методом в фазе полной спелости с использованием малогабаритного комбайна Sampo Terrion 2010. Урожайность зерна приводили к стандартной, 14%-ной влажности, соломы – к 16%-ной влажности. Солому после уборки оставляли в измельченном виде на делянках с последующей запашкой.

Таблица 1. Влияние различных систем удобрения на урожайность зерна озимой пшеницы сорта Московская 56 (2016–2018 гг.)

Фактор А — известкование	Фактор В (удобрения)	Урожайность, ц/га				Прибавка к контролю	
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	среднее за 3 года	ц/га	%
Без известкования (A_1)	1. Контроль (без удобрений)	30.4	20.5	27.5	26.1	—	—
	2. Навоз* 50 т/га	44.7	23.2	32.5	33.5	7.4	28.3
	3. N30P30K60 + N50 п/к	55.4	25.3	33.8	38.2	12.1	46.4
	4. Навоз 25 т/га + N15P15K30 + N25 п/к	60.1	27.8	32.5	40.1	14.0	53.6
	5. Навоз 50 т/га + N30P30K60 + N50 п/к	64.6	32.5	37.6	44.9	18.8	72.0
	6. ОМУ ₆ (N30P30K34) + N50 п/к	61.8	29.8	32.2	41.3	15.2	58.2
Средние фактора A_1		52.8	26.5	32.7	37.4	11.3	43.3
Известь по 1.0 H_f (A_2)	1. Контроль (без удобрений)	36.8	22.0	28.7	29.2	—	—
	2. Навоз 50 т/га	55.5	26.1	34.6	38.7	9.5	32.5
	3. N30P30K60 + N50 п/к	65.6	27.8	38.3	43.9	14.7	50.3
	4. Навоз 25 т/га + N15P15K30 + N25 п/к	68.8	30.5	39.4	46.2	17.0	58.2
	5. Навоз 50 т/га + N30P30K60 + N50 п/к	75.6	35.6	42.8	51.3	22.1	75.7
	6. ОМУ ₆ (N30P30K34) + N50 п/к	67.8	32.7	37.1	45.9	16.7	57.2
Средние фактора A_2		61.7	29.1	36.8	42.5	13.3	45.5
HCP_{05} фактора А		2.5	1.5	1.3	—	—	—
HCP_{05} фактора В и взаимодействия АВ		4.4	2.5	2.2	—	—	—
HCP_{05} частных различий		6.2	3.6	3.1	—	—	—

*Навоз – 1-й год последствия.

Содержание общего азота в растениях определяли после мокрого озоления по Кьельдалю, фосфора и калия – по методу Гинзбург, с последующим определением P_2O_5 – колориметрическим методом, K_2O – методом пламенной фотометрии.

Для оценки эффективности использования азота озимой пшеницей был рассчитан азотный индекс – отношение содержания азота в зерне к выносу его урожаем (зерном и соломой) [11].

Влияние изученных систем удобрения на качество зерна озимой пшеницы проводили по следующим показателям: натура, стекловидность, содержание белка, число падения, количество сырой клейковины в муке и ее качество (ИДК) согласно [12]. Оценку хлебопекарных свойств муки из зерна озимой пшеницы проводили по лабораторной выпечке из муки 70%-ного выхода. У формового хлеба определяли объемный выход хлеба, пористость и цвет мякиша. У подового хлеба оценивали высоту и диаметр, а также его расплываемость по соотношению высота/диаметр [13]. Оценка качества зерна по вышеперечисленным показателям выполнена в лаборатории технологии и биохимии зерна ФИЦ “Немчиновка”.

Наиболее благоприятные метеорологические условия для озимой пшеницы складывались в 2015–2016 гг. По результатам весеннего обследования опытных делянок степень перезимовки растений составляла 95–98%. В период с мая по июль стояла слабозасушливая погода ($ГТК = 0.92$), что в сочетании с высоким запасом продуктивной влаги в ранневесенний период способствовало формированию высокой урожайности озимой пшеницы. Вероятность повторяемости таких погодных условий в Нечерноземной зоне составляет 1 раз в 5–10 лет. В осенне-зимний период 2016/2017 гг. и 2017/2018 гг. из-за слабого промерзания почвы и высокого снежного покрова посевы озимой пшеницы сильно пострадали от выпревания и, как следствие, развития снежной плесени. Количество перезимовавших растений к периоду возобновления весенней вегетации растений составляло 70% в 2017 г. и 65% – в 2018 г. Избыточное количество осадков в июне–июле 2017 г (в 1.6–2.0 раза больше среднегодовой нормы) привело к значительному переувлажнению почвы. В сочетании с пониженным температурным фоном рост и развитие озимой пшеницы

были ослаблены, фаза полной спелости наступила на месяц позже по сравнению с 2016 г. Сочетание таких неблагоприятных факторов (ГТК = 2.13) привело к существенному снижению эффективности удобрений. Вероятность повторения таких погодных условий составляет 30%. В 2018 г. накопление эффективного тепла началось в первой декаде мая и шло ускоренными темпами, что позволило сформировать дополнительные продуктивные стебли в ходе весеннего кущения озимой пшеницы. В июне отмечены интенсивные осадки ливневого характера, что при повышенном температурном фоне способствовало формированию умеренной урожайности озимой пшеницы. Метеорологические условия в 2018 г. характеризовались как влажные (ГТК = 1.35), их повторяемость составляет 1 раз в 3–4 года.

Результаты учета урожайности подвергали статистической обработке по модели двухфакторного полевого опыта.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение различных систем удобрения способствовало достоверному росту урожайности озимой пшеницы во все годы проведения исследования. Известкование ранее слабокислой почвы с pH_{KCl} 5.1 в дозе 1.0 H_r способствовало повышению урожайности зерна на 11–15% к неизвесткованному фону.

При этом следует отметить высокую вариативность урожайности озимой пшеницы, обусловленную погодными условиями. За счет комплекса неблагоприятных факторов в осенне-зимний и весенне-летний период эффективность изученных систем удобрения в 2017 г. была в 2 раза меньше, чем в благоприятном 2016-м г. Из-за плохой перезимовки и изреженности посевов, несмотря на относительно благоприятные метеорологические условия в период вегетации в 2018 г., урожайность зерна озимой пшеницы была в 1.6–1.7 раза меньше, чем в 2016 г.

В целом в вариантах с различными системами удобрения коэффициент вариации урожайности составлял 38–44%. При применении навозного компоста в чистом виде вариация урожайности по годам была несколько ниже – 32–39%.

Из данных, приведенных в таблице 1, следует, что наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы получена при органо-минеральной системе (полная доза) в варианте 5 в 2016 г. – 64.6 ц/га на неизвесткованном фоне и 75.6 ц/га при известковании по 1.0 H_r . Внесение навоза совместно с NPK в половинной дозе (вариант 4) не имело преимуществ в сравнении с минеральной системой удобрения (вариант 3) как при внесении извести,

так и без нее во все годы исследования. Органическая система удобрения уступала другим вариантам опыта, за исключением неблагоприятного 2017 г., когда урожайность зерна озимой пшеницы при применении навозного компоста была сопоставима с минеральной системой удобрения – 23.2–25.3 и 26.7–27.8 ц/га на фоне без $CaCO_3$ и с известкованием соответственно.

Применение ОМУ, модифицированного био-препаратом “бисолбифит”, в сочетании с ранневесенней подкормкой азотом обеспечило сопоставимую урожайность с традиционной органо-минеральной системой удобрения, где внесение навоза в дозе 25 т/га сочеталось с половинной дозой NPK, обеспечивая получение урожайности зерна в среднем за 3 года на уровне 41.3–45.9 ц/га.

В целом можно заключить, что наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы была получена при совместном внесении навоза и NPK в полной дозе в варианте 5 во все годы исследования. Средняя прибавка в данном варианте за 3 года составляла 18.8–22.1 ц/га или 72–76% к контролю.

Применение удобрений существенно увеличивало потребление элементов питания для формирования урожая, и, следовательно, хозяйственный вынос NPK (табл. 2). Наибольший вынос питательных веществ отмечен при применении органо-минеральной системы удобрения (полной дозы) – N148.6–159.3P48.2–57.2K120.0–120.6. Рассматриваемая система удобрения наиболее сильно повлияла на повышение выноса азота и калия (на 70–80% и 75–90% к контролю соответственно). На фоне известкования вынос NPK увеличивался на 9–15%. Следует отметить, что минеральная, органо-минеральная системы удобрения и применение ОМУ способствовали значительному выносу калия, который достигал 90.5–120.6 кг/га как на фоне известкования так и без него.

В этих же вариантах отмечен наибольший вынос азота в расчете на 1 т зерна (с учетом побочной продукции – соломы), который составлял 28.6–32.5 кг/т. Вынос фосфора на неизвесткованном фоне менялся незначительно (10.2–11.4 кг/т зерна), а при известковании в удобренных вариантах снижался на 5–14% по сравнению с контролем. Также можно отметить увеличение выноса калия 1 т зерна при органо-минеральной системе удобрения (вариант 5, полная доза), и снижение – в варианте 4 с применением половинных доз навоза и NPK.

В среднем соотношение азота, фосфора и калия (в расчете на 1 т зерна с учетом соломы) в удобренных вариантах составляло: 2.7–2.8 : 1.0 : 2.0–2.4 на неизвесткованном фоне и 2.8–3.1 : 1.0 : 1.9–2.3 при известковании.

Таблица 2. Хозяйственный вынос питательных веществ (кг/га) и 1 т зерна озимой пшеницы (с учетом побочной продукции), кг

Фактор А (известкование)	Фактор В (удобрения)	Вынос NPK (зерно+солома), кг/га			Вынос NPK на 1 т зерна (с учетом соломы), кг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Без известкования (А ₁)	1. Контроль (без удобрений)	81.9	29.7	63.1	31.3	11.4	24.2
	2. Навоз 50 т/га	92.4	37.8	77.8	27.6	11.3	23.2
	3. N30P30K60 + N50 п/к	109	40.4	90.5	28.6	10.6	23.7
	4. Навоз 25 т/га + N15P15K30 + N25 п/к	111	40.9	83.8	27.7	10.2	20.9
	5. Навоз 50 т/га + N30P30K60 + N50 п/к	138	49.6	120	30.8	11.1	26.7
	6. ОМУ ₆ (N30P30K34) + N50 п/к	134	43.7	92.5	32.5	10.6	22.4
Средние фактора А ₁		111	40.4	88.0	29.8	10.9	23.5
Известь по 1,0 Н _г (А ₂)	1. Контроль (без удобрений)	86.8	35.0	68.2	29.8	12.0	23.4
	2. Навоз 50 т/га	109	44.5	93.6	28.2	11.5	24.1
	3. N30P30K60 + N50 п/к	131	47.0	110	29.9	10.7	24.9
	4. Навоз 25 т/га + N15P15K30 + N25 п/к	128	47.4	89.3	27.6	10.3	19.3
	5. Навоз 50 т/га + N30P30K60 + N50 п/к	159	57.2	121	31.0	11.1	23.5
	6. ОМУ ₆ (N30P30K34) + N50 п/к	149	48.2	91.7	32.4	10.5	20.0
Средние фактора А ₂		127	46.6	95.5	29.8	11.0	22.5

По сравнению с региональными данными [14], вынос азота озимой пшеницей сорта Московская 56 близок к нормативному (30 кг/т зерна), а вынос фосфора и калия был меньше на 2 и 3 кг/т соответственно. Значительное снижение выноса К₂O, вероятно, связано с уменьшением доли соломы, в которой к моменту уборки накапливается ≈2/3 калия от общего его содержания в урожае. При внесении изученных в опыте удобрений наблюдали сужение соотношения между зерном и соломой до 1 : 1.6–1.8, против 1 : 1.9–2.0 в контроле.

По данным ФИЦ «Немчиновка», вынос элементов питания современными сортами озимой пшеницы в Центральном Нечерноземье составляет: N – 25–31, P₂O₅ – 10–12, K₂O – 25–31 кг/т [15], что во многом подтверждено и нашими исследованиями, проведенными на севере НЗ.

На известкованном фоне максимальные величины азотного индекса (0.65–0.69) отмечены в удобренных вариантах, за исключением ОМУ (рис. 1). Можно предположить, что при применении удобрений озимой пшеницей лучше используется поглощенный азот за счет большего его накопления в товарной продукции – зерне. В контрольном варианте азотный индекс составлял всего 0.58–0.61.

Для оценки влияния изученных систем удобрения на качество зерна в лаборатории техноло-

гии и биохимии зерна ФИЦ «Немчиновка» были изучены технологические качества зерна и муки, определены ее хлебопекарные свойства в образцах зерна озимой пшеницы, полученной в опыте (табл. 3, 4, приведены усредненные данные за 2 года).

В соответствии с ГОСТ Р 52554-2006, натура зерна, характеризующая его выполненность, в годы исследования была больше ограничительных норм (750 г/л) для пшеницы 1-го класса во всех вариантах опыта и менялась в пределах 774–804 г/л (табл. 3). Натуру можно рассматривать как косвенный показатель выхода муки, поэтому этот показатель широко используют как в отечественной, так и в зарубежной практике.

Наиболее важным показателем качества зерна является содержание в нем белка. Применение органических, минеральных удобрений, а также их внесение в половинных дозах (варианты 2–4) на известкованном фоне способствовали увеличению содержания белка в зерне озимой пшеницы на 0.7–0.8%. При рН_{KCl} 5.1–5.2 данный показатель в этих вариантах существенно не изменялся. По-видимому, при известковании усиливалась минерализация органического вещества почвы, что приводило к повышению содержания минерального азота в почве, и в совокупности с внесенными удобрениями положительно сказывалось на накоплении белка в зерне. Зерно с наивысшим со-

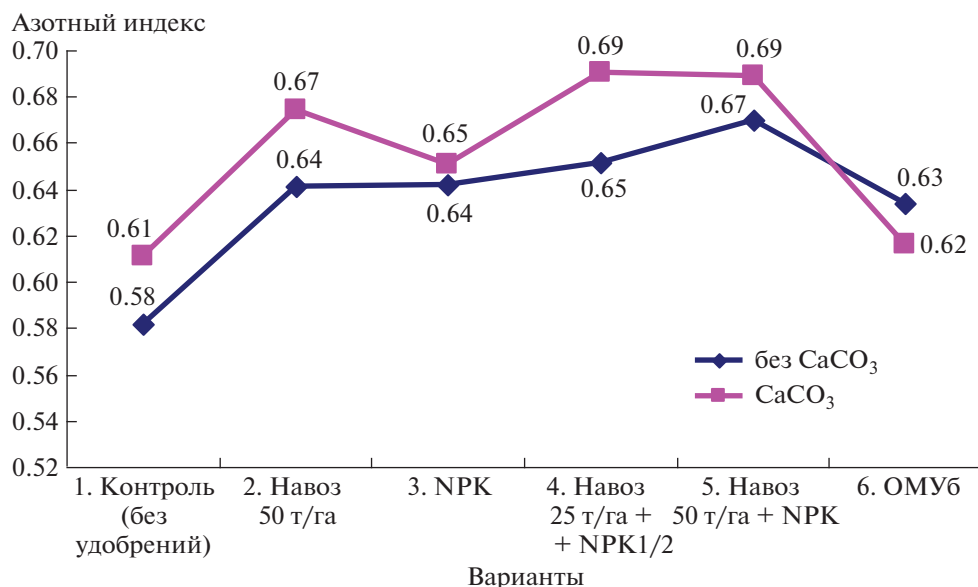


Рис. 1. Влияние систем удобрения и известкования на величину азотного индекса.

держанием белка – 14.1%, характерное для “сильных” сортов пшеницы (2-й класс), получено при внесении навоза и минеральных удобрений в полной дозе (вариант 5) на фоне известкования. Внесение органо-минерального удобрения (ОМУ) в сочетании с ранневесенней подкормкой азотом способствовало получению зерна, соответствующему

2-му классу (13.5–13.7% белка в зерне). Во всех остальных вариантах зерно по содержанию белка могло быть отнесено только к 3-му классу.

Стекловидность зерна, которая зависит от состава и прочности связи между белковыми веществами и крахмалом, является важным показателем при отнесении пшеницы к тому или иному

Таблица 3. Влияние систем удобрения и известкования на технологические показатели качества зерна и муки, в среднем за 2016–2017 гг.

Фактор А – известкование	Фактор В (удобрения)	Анализ зерна				Анализ муки	
		Натура, г/л	Белок, %	Стекловидность, %	Число падения, с	Клейковина сырая из муки, %	ИДК, ед. прибора
Без известкования (А ₁)	1. Контроль (без удобрений)	804	12.1	26.0	432	22.1	68.5
	2. Навоз 50 т/га	786	12.0	36.0	337	23.8	74.0
	3. N30P30K60 + N50 п/к	802	12.4	46.5	431	26.5	75.5
	4. Навоз 25 т/га + N15P15K30 + N25 п/к	794	12.0	35.5	435	24.8	75.5
	5. Навоз 50 т/га + N30P30K60 + N50 п/к	795	13.5	51.5	389	29.7	79.5
	6. ОМУ ₆ (N30P30K34) + N50 п/к	804	13.6	43.0	417	27.6	83.5
Средние фактора А ₁		797	12.6	39.8	407	25.7	76.1
Известь по 1.0 Нг (А ₂)	1. Контроль (без удобрений)	803	12.1	24.5	411	23.1	80.0
	2. Навоз 50 т/га	802	12.8	39.0	388	25.4	75.5
	3. N30P30K60 + N50 п/к	804	12.9	47.5	392	27.3	75.5
	4. Навоз 25 т/га + N15P15K30 + N25 п/к	804	12.8	44.5	395	25.9	82.0
	5. Навоз 50 т/га + N30P30K60 + N50 п/к	799	14.1	51.5	401	31.3	89.5
	6. ОМУ ₆ (N30P30K34) + N50 п/к	774	13.5	47.0	385	28.8	85.0
Средние фактора А ₂		797	13.0	42.3	395	27.0	81.3

Таблица 4. Влияние систем удобрения и известкования на хлебопекарные свойства муки, в среднем за 2016–2017 гг.

Фактор А (известкование)	Фактор В (удобрения)	Стандартная выпечка						
		объемный выход хлеба, см ³	формовой		подовой			
			порис- тость	цвет	общий балл	высота/диаметр	высота, мм	диаметр, мм
			мякиша, балл					
Без известкования (А ₁)	1. Контроль (без удобрений)	780	3.8	4.4	3.9	0.63	76	121
	2. Навоз 50 т/га	760	3.3	4.0	3.6	0.58	68	118
	3. N30P30K60 + N50 п/к	855	4.2	4.3	4.3	0.63	79	127
	4. Навоз 25 т/га + N15P15K30 + N25 п/к	855	3.8	4.4	4.3	0.62	78	127
	5. Навоз 50 т/га + N30P30K60 + N50 п/к	870	4.5	4.4	4.2	0.61	82	134
	6. ОМУ ₆ (N30P30K34) + N50 п/к	840	3.7	4.4	4.3	0.63	80	127
Средние фактора А ₁		827	3.9	4.3	4.1	0.61	77	125
Известь по 1.0 Н _г (А ₂)	1. Контроль (без удобрений)	815	3.9	4.2	3.8	0.60	75	126
	2. Навоз 50 т/га	835	3.5	4.4	3.7	0.61	75	123
	3. N30P30K60 + N50 п/к	860	3.9	4.4	3.7	0.60	74	123
	4. Навоз 25 т/га + N15P15K30 + N25 п/к	835	3.7	4.3	3.7	0.61	75	123
	5. Навоз 50 т/га + N30P30K60 + N50 п/к	870	3.7	4.3	4.3	0.62	78	127
	6. ОМУ ₆ (N30P30K34) + N50 п/к	895	3.8	4.3	4.0	0.63	78	125
Средние фактора А ₂		852	3.7	4.3	3.8	0.61	76	124

классу качества. Согласно требованиям ГОСТа, зерно со стекловидностью >40% было получено в вариантах с минеральной, органо-минеральной системами удобрения (варианты 4, 5) и при внесении ОМУ на известкованном фоне, что соответствовало “ценной по качеству” пшенице, и это зерно можно отнести к 3-му классу. В вариантах без удобрений, а также при внесении навоза стекловидность зерна на обоих фонах менялась в пределах 26–39%, что соответствовало “слабой” пшенице. Следует отметить, что именно в этих вариантах весеннюю подкормку азотом не проводили. Таким образом, можно заключить, что ранневесенняя подкормка озимой пшеницы азотными удобрениями является неотъемлемым фактором получения высококачественного зерна даже при внесении органических удобрений.

Число падения характеризует активность амилолитических ферментов. Во всех вариантах опыта оно было >200 с, что говорит о низкой потенциальной способности прорастания зерна на корню. В то же время высокие величины числа падения для муки – 385–432 с указывают на низкую активность амилаз, ферментов, расщепляющих крахмал до мальтозы и декстринов, что может привести к недостаточному накоплению сахаров и слабому подъему теста [16].

Одним из важных показателей оценки качества зерна пшеницы, которое предназначается на хлебопекарные цели, является количество и качество клейковины. Как показали результаты исследования, содержание сырой клейковины в неизвесткованном контроле было <23%, что соответствовало зерну 4-го класса, и из него нельзя выпечь хлеб без добавления “сильных” сортов пшеницы. Применение органических, минеральных удобрений, их совместное внесение в половинных дозах, а также использование ОМУ позволило получить зерно с содержанием клейковины 23.8–27.6%, соответствующее 3-му классу. На неизвесткованном фоне только органо-минеральная система, где органические и минеральные удобрения внесены в полных дозах (вариант 5), способствовала получению зерна 2-го класса с содержанием сырой клейковины 29.7%. При нейтрализации избыточной кислотности заметно возросло содержание сырой клейковины. При этом во всех вариантах полевого опыта на известкованном фоне получено зерно не ниже 3-го класса, а при применении органо-минеральной системы (вариант 5) и внесении ОМУ по содержанию сырой клейковины (31.3 и 28.8% соответственно) зерно отвечало требованиям 2-го класса качества.

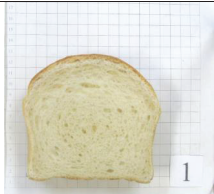
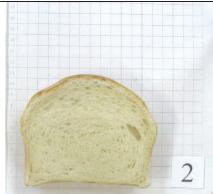
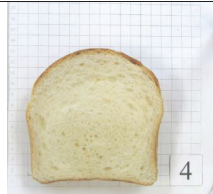
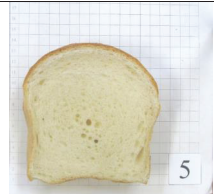
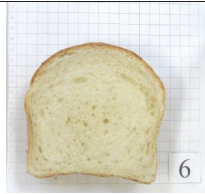
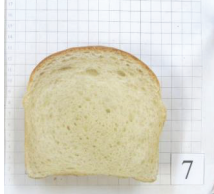
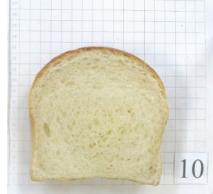







Формовой хлеб (фон без известкования)					
					
1. Контроль (без удобрений)	2. Навоз 50 т/га	3. N30P30K60 + N50 п/к	4. Навоз 25 т/га + N15P15K30 + N25 п/к	5. Навоз 50 т/га + N30P30K60 + N50 п/к	6. ОМУ ₆ (N30P30K34) + N50 п/к
Формовой хлеб (фон с известкованием)					
					
1. Контроль (без удобрений)	2. Навоз 50 т/га	3. N30P30K60 + N50 п/к	4. Навоз 25 т/га + N15P15K30 + N25 п/к	5. Навоз 50 т/га + N30P30K60 + N50 п/к	6. ОМУ ₆ (N30P30K34) + N50 п/к
Подовый хлеб (фон без известкования)					
					
1. Контроль (без удобрений)	2. Навоз 50 т/га	3. N30P30K60 + N50 п/к	4. Навоз–25 т/га + N15P15K30 + N25 п/к	5. Навоз 50 т/га + N30P30K60 + N50 п/к	6. ОМУ ₆ (N30P30K34) + N50 п/к
Подовый хлеб (фон с известкованием)					
					
1. Контроль (без удобрений)	2. Навоз 50 т/га	3. N30P30K60 + N50 п/к	4. Навоз 25 т/га + N15P15K30 + N25 п/к	5. Навоз 50 т/га + N30P30K60 + N50 п/к	6. ОМУ ₆ (N30P30K34) + N50 п/к

Рис. 2. Влияние систем удобрения и известкования на качество формового и подового хлеба (лабораторная выпечка, 2016 г).

Качество клейковины, ее упругость определяется в условных единицах прибора ИДК. Хорошей считается клейковина с ИДК 45–75 ед. В наших исследованиях качество клейковины было обратно пропорционально ее количеству ($r = -0.76$), т.е. внесение удобрений, особенно на известкованном фоне, способствовало формированию более слабой клейковины (ИДК = 75.5–89.5 ед.) II группы качества (3-й класс зерна). Отрицательная взаимосвязь между количеством клейковины и ее качеством была выявлена и в исследованиях [17].

Для оценки свойств муки используют более 30 показателей, однако предсказать, какого качества будет хлеб, весьма сложно. Таким интегрирующим показателем является лабораторная выпечка. Общая хлебопекарная оценка показала, что без добавления улучшителей мука, полученная в различных вариантах полевого опыта, позволяла получить хлеб удовлетворительного и хорошего качества (табл. 4, рис. 2). На известкованном фоне в контрольном варианте и при внесении навоза отмечен наименьший объемный выход хлеба – 760–780 см³. Применение минеральных удобрений и их совместное внесение с навозом позволило увеличить его объемный выход в диапазоне от 840 до 855 см³. Минеральная, органо-минеральная системы удобрения (полная доза) и использование ОМУ на фоне применения CaCO₃ способствовали наибольшему объемному выходу хлеба – 860–895 см³. Следует отметить что пористость хлеба в большинстве вариантов опыта оценивали от сравнительно крупной до мелкой, равномерной, а цвет мякиша в основном был белый с желтоватым оттенком, характерный для сорта озимой пшеницы Московская 56. Оценка подового хлеба во многом была схожа с формовым. Расплываемость хлеба (отношение высоты к основанию) была >0.4, что соответствовало норме для сильной пшеницы. Органо-минеральная система удобрения (полная доза) обеспечивала получение подового хлеба с общей хлебопекарной оценкой 4.2–4.3 балла.

ВЫВОДЫ

1. В условиях Северного Нечерноземья снижение кислотности дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы с рН_{KCl} 5.1–5.2 до рН_{KCl} 5.8–5.9 способствовало повышению урожайности зерна озимой пшеницы на 11–15%. Наибольшая урожайность зерна озимой пшеницы была получена на известкованном фоне при применении органо-минеральных систем удобрения, где среднегодовая продуктивность составляла 32.7–75.6 ц/га, второе место занимала минеральная система (27.8–65.6 ц/га), третья – органическая (26.1–55.5 ц/га).

2. Применение удобрений увеличивало вынос NPK в расчете на 1 т зерна (с учетом соломы), который в среднем составлял: N – 30, P₂O₅ – 11, K₂O – 23 кг, при соотношении азота, фосфора и калия 2.7–2.8 : 1.0 : 2.0–2.4 на известкованном фоне и 2.8–3.1 : 1.0 : 1.9–2.3 при внесении CaCO₃.

3. Наиболее существенное повышение содержания белка в зерне озимой пшеницы наблюдали на известкованном фоне при применении органических и минеральных удобрений – на 0.7–0.8%, а при их совместном внесении в полных дозах – на 2.0%, где получено зерно с наивысшим содержанием белка – 14.1%, характерное для “сильных” сортов пшеницы (2-й класс).

4. Зерно со стекловидностью >40% было получено в вариантах с применением минеральной, органо-минеральной систем удобрения и при внесении ОМУ на известкованном фоне, что соответствовало “ценной по качеству” пшенице. Ранневесенняя азотная подкормка озимой пшеницы позволила повысить качество зерна на один класс, даже при внесении одних органических удобрений.

5. При нейтрализации избыточной кислотности возрастало содержание сырой клейковины в зерне. На известкованном фоне при применении органо-минеральной системы удобрения и внесении ОМУ содержание сырой клейковины составило 31.3% и 28.8% соответственно, что соответствовало требованиям, предъявляемым ГОСТом для зерна 2-го класса.

6. Внесение удобрений, особенно при известковании, способствовало формированию более слабой клейковины (ИДК = 75.5–89.5 ед.) II группы качества, по сравнению с контролем без внесения CaCO₃.

7. Результаты лабораторной выпечки хлеба показали, что органо-минеральная система удобрения (полная доза) и использование ОМУ на фоне известкования способствовали наибольшему объемному выходу формового хлеба – 860–895 см³ и получению подового хлеба хорошего качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шафран С.А., Духанина Т.М. Значение комплексного окультуривания почв в повышении эффективности азотных удобрений под пшеницу // Агрохимия. 2017. № 11. С. 21–30.
2. Сандухадзе Б.И., Кузьмич М.А., Мамедов Р.З., Кузьмич Л.С., Кочетыгов Г.В., Кондратьева О.П., Щербакова З.Н. Технологические и хлебопекарные показатели качества зерна и муки сортов озимой мягкой пшеницы Московского НИИСХ “Немчиновка” // Мат-лы научн.-практ. конф. с международ. участием “Современная аграрная наука как фактор повышения эффективности сельскохозяйственного произ-

- водства региона” / Под редакцией Мазурова В.Н. Калуга: Калужский НИИСХ, 2018. С. 145–150.
3. *Ваулина Г.И.* Эффективность минеральных удобрений и других средств химизации при возделывании разных сортов зерновых культур на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в условиях Центрального района Нечерноземной зоны: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. М.: ВНИИА, 2007. 51 с.
 4. *Литвинский В.А., Муравин Э.А., Черников В.А., Грицкевич Ю.Г., Игнатов В.Г., Хлыстовский А.Д.* Продуктивность севооборота с клеверным паром и агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы в длительном опыте Д.Н. Прянишникова № 2 на Долгопрудной агрохимической опытной станции // *Агрохимия*. 2010. № 9. С. 19–30.
 5. *Веденева Н.В., Рогов В.А., Наклейщикова Л.В., Налиухин А.Н.* Почвенный покров и агрохимическая характеристика пахотных почв Вологодской области. Динамика почвенного плодородия по циклам обследования // *Достиж. науки и техн. АПК*. 2016. Т. 30. № 8. С. 22–27.
 6. *Шафран С.А.* Динамика плодородия почв Нечерноземной зоны и его резервы // *Агрохимия*. 2016. № 8. С. 3–11.
 7. *Сычев В.Г., Милащенко Н.З., Шафран С.А.* Агрохимические аспекты получения высококачественного зерна в России // *Плодородие*. 2018. № 6. С. 18–19.
 8. *Чухина О.В., Жуков Ю.П.* Плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур в севообороте при применении различных доз удобрений // *Агрохимия*. 2013. № 11. С. 10–18.
 9. *Налиухин А.Н., Мерзлая Г.Е., Максимова А.С., Силуянова О.В., Белозеров Д.А., Ерегин А.В.* Эффективность органических и минеральных удобрений при известковании дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы // *Плодородие*. 2018. № 2. С. 42–45.
 10. *Naliukhin A.N., Zavalin A.A., Siluyanova O.V., Belozero D.A.* Influence of biofertilizers and liming on vetch-oat mixture productivity and change in sodpodzolic soil microbocenosis // *Rus. Agricult. Sci.* 2018. V. 44. Iss. 1. P. 58–63.
 11. *Климашевский Э.Л.* Генетический аспект минерального питания растений. М.: Агропромиздат, 1991. 416 с.
 12. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Технологическая оценка зерновых, крупяных и зернобобовых культур / Под ред. Федина М.А.* М.: Колос, 1988. 121 с.
 13. *Оценка качества зерна: Справочник / Сост. Василенко И.И., Комаров В.И.* М.: Агропромиздат, 1987. 208 с.
 14. *Суков А.А., Чухина О.В., Токарева Н.В., Налиухин А.Н.* Особенности системы удобрения сельскохозяйственных культур на Европейском Севере России: уч. пособ. Вологда–Молочное: Вологодская ГМХА, 2018. 207 с.
 15. *Останина А.В., Сандухадзе Б.И., Политыко П.М., Штырхунов В.Д., Новиков Ю.И., Егоров В.Г., Шентухов В.Н., Гафуров Р.М., Киселев Е.Ф., Хачидзе А.С.* Технология возделывания озимой пшеницы в Центре Нечерноземной зоны РФ. М.: РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2009. 149 с.
 16. *Кузьмич М.А., Кузьмич Л.С., Купреев Е.М.* Влияние уровней азотного питания и реакции почвенной среды на продуктивность и качество зерна яровой и озимой пшеницы // *Агротех. вестн.* 2007. № 3. С. 22–24.
 17. *Сандухадзе Б.И., Рыбакова М.И., Осипова А.В.* Качество зерна сортов озимой пшеницы, возделываемых в условиях Центрального Нечерноземья // *Хлебопродукты*. 2013. № 3. С. 62–64.

Influence of Different Fertilization Systems and Lime on Yield, Technological and Baking Qualities of Winter Wheat Grain in a Northern Part of Non-Chernozem Zone

A. N. Naliukhin^{a, #} and D. A. Belozero^a

^a *Vereshchagin Vologda State Dairy Farming Academy
ul. Shmidta 2, Molochnoe–Vologda 160555, Russia*

[#] *E-mail: naliuhin@yandex.ru*

An increase in the yield of winter wheat should be accompanied by an improvement in the quality of the grain produced in the country. The paper presents the comparative efficiency of organic, mineral, organo-mineral systems of fertilization and liming in the cultivation of winter wheat varieties Moskovskaya 56. It was shown that on the soddy-medium-podzolic light loamy soil in the conditions of the North of the Non-chernozem zone of Russia it is possible to obtain a yield of winter wheat of 3.56–4.28 t/ha, and in favorable years – 7.56 t/ha. This level of winter wheat yield is achieved with an organo-mineral fertilizer system based on applying 50 t/ha of manure in sown fallow, mineral fertilizers in a dose of N30P30K60 before sowing and N50 in top dressing against the background of liming. This produces a grain with a protein content of 14.1%, raw gluten – 31.3% of the 2nd quality group, with a volume output of bread – 870 cm³, with a total baking rating of 4.3 points. The use of organic fertilizers only does not allow obtaining grain above grade 4.

Key words: winter wheat, fertilizers systems, yield, grain quality, baking assessment, northern part of Non-chernozem zone.