

УДК 633.112.9:631.82:631.559:631.445.24

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, А.А. Грачева

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Озимое тритикале – сравнительно новая зерновая культура, гибрид между озимыми пшеницей и рожью, которому в последние годы в странах Западной Европы, а также в Беларуси уделяется особое внимание. Тритикале удачно сочетает

ценные качества и свойства как ржи (высокая экологическая пластичность), так и пшеницы (урожайность и качество зерна). Посевные площади под этой культурой в Беларуси постоянно увеличиваются и в настоящее время занимают около 470–480 тыс. га, уступая только Германии и Польше. Ранее проведенными исследованиями установлена различная отзывчивость сортов озимого тритикале на изменение доз минеральных удобрений и плодородие почвы [1–4]. В связи с недостаточно разработанной системой удобрения озимого тритикале с учетом биологических особенностей сорта исследования в этой области являются актуальными.

Цель исследований – изучить и определить наиболее эффективные дозы и соотношения минеральных удобрений под озимое тритикале, исходя из критериев полученной урожайности, агрономической окупаемости применяемых доз удобрений и качества зерна.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования по изучению эффективности систем удобрения при возделывании озимого тритикале на дерново-подзолистой супесчаной почве с разным содержанием фосфора и калия проводили в ПРУП «Экспериментальная база им. Котовского» Узденского района Минской области.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы: pH_{KCl} – 5,9–6,2, гидролитическая кислотность – 1,58–1,92, сумма обменных оснований – 9,10–9,52 смоль(+)/кг почвы; обменные: кальций – 4,4–4,8 и магний – 1,3–1,6 смоль(+)/кг почвы, содержание гумуса – 2,5–3,0 %; содержание подвижных по Кирсанову фосфора и калия в почве 1: P_2O_5 (110–170 мг/кг почвы) и K_2O (100–160 мг/кг почвы) и почве 2: P_2O_5 (240–350 мг/кг почвы) и K_2O (220–350 мг/кг почвы).

Сорт Вольтарио включен в Госреестр в 2007 г. Заявитель – Польша. Сорт имеет хорошую зимостойкость, выравненный стеблестой, устойчив к полеганию, среднеустойчив к засухе. Листовыми болезнями и корневыми гнилями поражается слабо. Сорт кормового направления.

Минеральные удобрения (аммофос и хлористый калий) вносили перед посевом с заделкой культиватором на глубину 10–12 см, мочевины N_{80} – весной при возобновлении вегетации растений, N_{40} – в фазу 1–2 узла трубкавания, N_{30} – в фазу колошения. В опыте применяли регулятор роста хлормекват-хлорид (PP) 0,65 л/га в фазу начала выхода в трубку (стадия ДК 31-32) и 0,65 л/га в фазу флаг-лист (стадия ДК 37-39) и хелатное микроудобрение с биостимулятором МикроСтим-Медь Л (N – 65 г/л + Cu – 7 г/л + гуминовые вещества 0,65 г/л) вносили 0,64 л/га в фазы 1 узел и флаг-лист (табл. 1).

Общая площадь делянки – 45 м² (9 м x 5 м), учетная – 28 м² (8 м x 3,5 м), повторность вариантов – 4-кратная. Предпосевную обработку почвы и уход за растениями осуществляли в соответствии с отраслевыми регламентами [5].

Исследования проводили в зернотравяном севообороте: горохо-овсяная смесь – ячмень – озимая рожь – клевер луговой – озимое тритикале. Органические удобрения 40 т/га навоза крупного рогатого скота вносили под горохо-овсяную смесь.

Анализ почвенных и растительных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: обменную кислотность pH_{KCl} – потенциометрическим

методом (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-84), сумму обменных оснований – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88), подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), обменные кальций и магний – методом ЦИНАО (ГОСТ 26487-85), гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91). В растительных образцах после мокрого озоления проб в смеси серной кислоты и пергидроля определяли: азот и фосфор – фотоколориметрическим индофенольным и ванадо-молибдатным методами, калия – на пламенном фотометре, кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре; статистическую обработку полученных результатов – дисперсионным анализом согласно методике полевого опыта Б.А. Доспехова [6] с использованием соответствующих программ компьютера.

Урожайность зерна дана при влажности 14 %, а соломы – 16 %.

На формирование урожая сельскохозяйственных культур, наряду с питанием растений, большое влияние оказывают водный и температурный режимы в течение вегетационного периода. Как избыток, так и недостаток влаги и тепла негативно сказываются на урожае сельскохозяйственных культур. Наиболее близкими к формированию оптимального водного и теплового режимов являются средне-многолетние показатели осадков и тепла.

Погодные условия в годы исследований различались как температурой воздуха, так и количеством выпавших осадков. Наиболее благоприятными для возделывания озимого тритикале, судя по урожайности, были погодные условия 2014 г. Средне-многолетняя температура воздуха за вегетационный период сентябрь–июль составила 1665 °С из них за апрель–июль – 1625 °С. В годы исследований сумма температур воздуха за вегетационный период сентябрь–июль составила: 2012/2013 гг. – 1955 °С, из них за апрель–июль – 1882 °С; 2013/2014 гг. – 2342,1, в апреле–июле – 1755,4; в 2014/2015 гг. – 2161,0, в апреле–июле – 1621,9. Среднее многолетнее поступление осадков за вегетационный период озимых сентябрь–июль составило 577 мм, апрель–июль – 268 мм. Осадков в 2013 г. выпало 609 мм, в 2014 г. – 488 мм, в 2015 г. – 521 мм, за вегетационный период апрель–июль поступило следующее количество осадков: 2013 г. – 268,9, в 2014 г. – 191,3 мм, в 2015 г. – 174,4 мм.

Озимые культуры в зимний период 2012–2013 гг. перезимовали плохо, т.к. снег выпал 29 октября 2012 г. и лежал до середины апреля 2013 г. Экстремальные условия вызвали поражение растений снежной плесенью. Вегетационный период в 2013 г. характеризовался повышенной температурой воздуха на 0,3–4,8 °С в сравнении с многолетними показателями и неравномерным выпадением осадков по месяцам.

В Беларуси вегетационные периоды с показателями ГТК (гидротермический коэффициент – условный показатель увлажнения по Селянинову) характеризуются: от 0,2 до 0,4 – сухие; от 0,4 до 0,7 – очень засушливые; от 0,7 до 1,0 – засушливые, от 1,0 до 1,3 – слабозасушливые, 1,3–1,6 – оптимальные, а больше 1,6 – влажные [7].

В годы исследований ГТК в течение вегетационных периодов изменялся в следующих пределах: в 2013 г. – 0,0–2,2, в 2014 г. – 0,42–2,06 и в 2015 г. – 0,11–1,36, что позволяет сделать заключение о неравномерном распределении осадков по месяцам и о некотором недостатке влаги в 2013 и 2015 гг.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

На почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров урожайность зерна в годы исследований (2013–2015 гг.) в варианте без удобрений формировалась на одном уровне 37,9–38,2 ц/га. Эффективность последействия 40 т/га навоза крупного рогатого скота изменялась по годам от 0,9 ц/га до 2,3 ц/га.

Эффективность минеральных удобрений на фоне последействия 40 т/га навоза крупного рогатого скота в годы исследований изменялась в пределах 2,7–43,0 ц/га. Максимальная эффективность действия минеральных удобрений 20,1–43,0 ц/га отмечена в 2014 г. при достоверном увеличении урожайности на 3,8 ц/га при дополнительном применении N_{30} , хелатного микроудобрения МикроСтим-Медь и регулятора роста хлормекват-хлорид.

На почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров урожайность зерна в годы исследований в варианте без удобрений формировалась на уровне 39,8–41,8 ц/га, что на 1,8–3,6 ц/га больше, чем на почве с содержанием P_2O_5 и K_2O ниже оптимальных параметров. Эффективность последействия 40 т/га навоза крупного рогатого скота изменялась в годы исследований от 1,1 ц/га до 3,7 ц/га и минеральных удобрений на фоне последействия 40 т/га навоза крупного рогатого скота – от 1,7 ц/га до 37,8 ц/га. Максимальная эффективность действия минеральных удобрений 11,8–37,8 ц/га отмечена в 2014 г. при достоверном увеличении урожайности на 5,9 ц/га при дополнительном применении регулятора роста хлормекват-хлорид на фоне последействия 40 т/га навоза крупного рогатого скота (4-й год) + $P_{40}K_{120}$ + $N_{80+40+30}$ + хелатное микроудобрение МикроСтим-Медь.

В среднем за три года на обеих почвах (с оптимальным содержанием P_2O_5 240–350 мг/кг и K_2O 220–350 мг/кг и с содержанием P_2O_5 110–170 мг/кг и K_2O 100–160 мг/кг) максимальная урожайность зерна озимого тритикале на одном уровне 63,4 и 63,6 ц/га формировалась при применении $N_{80+40+30}$ + МикроСтим-Медь + хлормекват-хлорид на фоне $P_{70}K_{150}$ и $P_{40}K_{120}$ и последействия 40 т/га навоза крупного рогатого скота. Прибавка зерна на почве с оптимальными параметрами составила 20,9 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 6,7 кг зерна. На почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров прибавка к фону составила 23,7 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 6,4 кг зерна. При внесении парных комбинаций P_{70} N_{80+40} и $K_{150}N_{80+40}$ урожайность получена на одном уровне 59,9 и 59,8 ц/га, что на 11,0 и 10,9 ц/га выше чем при внесении P_{70} K_{150} . Прибавка за счет применения N_{80+40} на фоне $P_{70}K_{150}$ составила 12,7 ц/га. При дополнительном внесении N_{30} + МикроСтим-Медь + хлормекват-хлорид получена прибавка зерна только 1,8 ц/га (НСР=1,6).

На почве с оптимальными параметрами фосфора и калия при дополнительном внесении N_{30} в фазу колошения урожайность зерна практически не увеличилась, так как прибавка составила только 0,5 ц/га (НСР = 1,6). Некорневая обработка посева хелатным микроудобрением МикроСтим-Медь Л на фоне $P_{40}K_{120}$ + $N_{80+40+30}$ позволила дополнительно получить 1,9 ц/га (НСР = 1,6). При обработке посева регулятором роста хлормекват-хлорид (Фон + $P_{40}K_{120}$ + $N_{80+40+30}$ + МикроСтим-Медь + хлормекват-хлорид) дополнительно получено 1,9 ц/га зерна.

В варианте без применения фунгицидов и инсектицидов в среднем за три года недобор зерна озимого тритикале составил 8,9 ц/га (табл. 1).

Таблица 1
Эффективность систем удобрения при возделывании озимого тритикале Вольгарио на дерново-подзолистой супесчаной почве, 2013–2015 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га				При- бавка зерна, ц/га	Оплата 1кг удоб- рений зерном, кг	Ин- декс Зеле- ни, %	Сила муки (W), %	Чистая при- быль, \$	Рента- бель- ность, %
	зерна		средняя за 3 года	K ₂ O (100–160 ма/кг почвы)						
	2013 г.	2014 г.								
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	сред- няя						
<i>Почва 1. Содержание P₂O₅ (110–170 ма/кг почвы) и K₂O (100–160 ма/кг почвы)</i>										
1. Контроль без удобрений	37,9	38,2	38,0	38,0	22,5	–	20,45	215,8	–	–
2. Последствие 40 т/га навоза крупного рогатого скота – фон	39,7	40,5	38,9	39,7	24,2	1,7	22,0	229,2	–	–
3. Фон + P ₇₀ + N ₈₀₊₄₀	56,8	77,7	45,3	59,9	35,1	20,2	30,5	334,8	52,0	33,3
4. Фон + K ₁₅₀ + N ₈₀₊₄₀	56,4	76,5	46,5	59,8	35,1	20,1	30,9	286,7	104,3	101,3
5. Фон + P ₇₀ K ₁₅₀	42,4	60,6	43,6	48,9	29,3	9,2	23,0	217,4	2,1	2,3
6. Фон + P ₇₀ K ₁₅₀ + N ₈₀₊₄₀	58,6	79,7	46,6	61,6	37,7	21,9	35,1	331,3	55,8	32,8
7. Фон + P ₇₀ K ₁₅₀ + N ₈₀₊₄₀₊₃₀ + МикроСтим-Медь Л + хлормекват-хлорид	59,8	83,5	46,8	63,4	37,6	23,7	38,8	369,45	51,9	27,0
<i>Почва 2. Содержание P₂O₅ (240–350 ма/кг почвы) и K₂O (220–350 ма/кг почвы)</i>										
1. Контроль без удобрений	40,1	41,8	39,8	40,6	26,1	2,6	27,6	263,4	–	–
2. 40 т/га навоз крупного рогатого скота – фон	41,9	45,5	40,9	42,8	27,6	2,2	22,9	226,8	–	–
9. Фон + P ₄₀ + N ₈₀₊₄₀	56,2	79,3	46,7	60,7	37,7	18,0	33,4	338,6	61,0	49,1
10. Фон + K ₁₂₀ + N ₈₀₊₄₀	52,2	76,1	45,7	58,0	32,7	15,2	34,2	327,0	66,0	72,8
8. Фон + P ₄₀ K ₁₂₀	43,6	57,3	45,5	48,8	30,7	6,0	25,2	231,4	5,0	8,8
7. Фон + P ₄₀ K ₁₂₀ + N ₈₀₊₄₀	54,8	74,7	47,1	58,9	36,3	16,1	35,8	339,2	37,2	28,9
11. Фон + P ₄₀ K ₁₂₀ + N ₈₀₊₄₀₊₃₀	55,5	75,5	47,7	59,6	36,8	16,8	38,5	353,9	30,3	21,2
12. Фон + P ₄₀ K ₁₂₀ + N ₈₀₊₄₀₊₃₀ + МикроСтим-Медь Л	58,4	77,4	48,6	61,5	37,6	18,7	36,3	344,6	39,9	26,1
13. Фон + P ₄₀ K ₁₂₀ + N ₈₀₊₄₀₊₃₀ + МикроСтим-Медь хлормекват-хлорид	60,8	83,3	46,8	63,6	42,3	20,9	37,9	360,7	52,0	31,8
10. P40K120 + N ₈₀₊₄₀₊₃₀ + МикроСтим-Медь + хлормекват-хлорид (без фунгицидов и инсектицидов)	49,8	67,4	47,0	54,7	31,0	12,0	33,9	324,0	-21,2	-14,6
НСР ₀₅	2,58	2,92	2,98	1,6	3,1		2,2	21,0		

Примечание. N₈₀ – фаза возобновления вегетации растений весной; N₄₀ – фаза 1–2 узел трубкувания и N₃₀ – фаза колошения; МикроСтим-Медь фаза 1–2 узел трубкувания и последний лист; хлормекват-хлорид (РР) 0,65 л/га в фазу начала выхода в трубку (стадия ДК 31-32) и 65 л/га в фазу флаг-лист (стадия ДК 37-39).

Максимальная рентабельность 101,3 получена при применении $K_{150} + N_{80+40}$ на фоне последствия органических удобрений (4-й год) на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием фосфора и калия в пахотном слое ниже оптимальных параметров при прибыли 104,3 \$. Хотя при применении $P_{70} + N_{80+40}$ получена практически такая же прибавка, как и при внесении $K_{750} + N_{80+40}$, однако рентабельность и прибыль оказались в два раза меньше – 33,3 и 52,0 \$ соответственно.

На почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров при внесении меньших доз минеральных удобрений максимальная рентабельность и прибыль оказались гораздо ниже. Так при применении $K_{120} + N_{80+40}$ получена прибыль 66 \$ при рентабельности 72,8. При максимальной в опыте урожайности 63,6 ц/га при внесении $P_{40}K_{120} + N_{80+40+30}$ + МикроСтим-Медь + хлор-мекват-хлорид получена прибыль 52,0 \$ США при рентабельности 31,8.

Урожайность соломы в среднем за три года изменялась от 22,5 ц/га в варианте без удобрений и до 37,7 ц/га на почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров и от 26,1 ц/га до 42,3 ц/га на почве с оптимальными показателями фосфора и калия. Отношение соломы к зерну изменялось в пределах 0,41–0,48 на обеих почвах (табл. 1).

Наряду с показателями урожайности, при возделывании озимого тритикале большое значение имеет качество зерна.

Для оценки качества зерна и силы муки, изготавливаемой из этого зерна, применяют индекс Зелени и показатель W – хлебопекарная сила муки по Альвеографу. Индекс Зелени (показатель седиментации) – оценивает способность набухания муки, что характеризует качество протеинового комплекса зерна (<14 – очень низкий; >47 – высокий).

В среднем за два года (2014–2015 гг.) максимальный показатель индекса Зелени 38,5 % при применении системы удобрения Фон + $P_{40}K_{120} + N_{80} + N_{40} + N_{30}$ на почве с оптимальным содержанием фосфора и калия. В варианте без фунгицидной и инсектицидной защиты индекс Зелени в среднем за два года на 4 % ниже, чем при применении средств защиты (табл. 1).

В вариантах с парными комбинациями $P_{40}N_{80+40}$, $P_{70}N_{80+40}$ и $K_{120}N_{80+40}$ и $K_{150}N_{80+40}$ качество зерна значительно лучше, чем при применении парных комбинаций фосфорных и калийных удобрений $P_{70}K_{150}$ и $P_{40}K_{120}$. При применении комплексного удобрения МикроСтим-Медь на фоне $P_{40}K_{120} + N_{80} + N_{40} + N_{30}$ качество зерна озимого тритикале не улучшалось. В варианте без фунгицидной и инсектицидной защиты показатели качества достоверно ниже: индекс Зелени – на 8,8 % , хлебопекарная сила муки (W) – на 96,7 % (табл. 1).

Максимальная урожайность зерна озимого тритикале при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров в среднем за три года на 59,9 формировалась за счет почвенного плодородия; последствие 40 т/га органических удобрений (4-й год) обеспечило только 2,7 %, доля фосфорных и калийных удобрений составила 14,5. Высока роль азотных удобрений в формировании урожайности зерна тритикале – 22,9 %. Роль почвенного плодородия в формировании урожайности зерна озимого тритикале на почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров составила 63,8 %, что на 3,8 % выше, чем на почве с более низким содержанием P_2O_5 и K_2O . При этом значение последствия ор-

ганических удобрений, действия азотных, фосфорных и калийных снижается до 37,2 % против 40,1 % на почве с содержанием P_2O_5 и K_2O ниже оптимальных параметров (табл. 2).

Таблица 2

Участие исследуемых факторов в формировании урожайности озимого тритикале при различном содержании фосфора и калия (2013–2015 гг.)

Факторы	Содержание P_2O_5 (110–170 мг/кг почвы) и K_2O (100–160 мг/кг почвы)		Содержание P_2O_5 (240–350 мг/кг почвы) и K_2O (220–350 мг/кг почвы)	
	Урожайность			
	ц/га	%	ц/га	%
Почва	38,0	59,9	40,6	63,8
Последствие 40 т/га навоза крупного рогатого скота	1,7	2,7	2,2	3,5
РК – удобрения	9,2	14,5	6,0	9,4
N – удобрение + МикроСтим-Медь Л + хлормекват-хлорид	14,5	22,9	14,8	23,3
Урожайность, ц/га	63,4	100	63,6	100

Масса 1000 семян, как один из физических показателей качества зерна изменялась в зависимости от погодных условий, системы удобрения и агрохимических показателей почв. В годы исследований на обеих почвах и во всех вариантах минимальная масса 1000 семян отмечена в 2015 г., а максимальная – в 2013 г. В среднем за три года при применении азотного удобрения (карбамид) масса 1000 семян имела тенденцию или достоверно снижалась.

На почве с содержанием P_2O_5 и K_2O ниже оптимальных параметров в варианте без удобрений масса 1000 семян изменялась от 39,01 г в 2015 г. до 48,59 г в 2013 г., разница в весе составила 9,58 г. В среднем за три года максимальная масса 47,75 г отмечена в варианте с применением $P_{70}K_{150}$ с изменениями по годам от 42,69 г до 50,70 г – разница в весе 8,01 г.

На почве с содержанием P_2O_5 и K_2O на уровне оптимальных параметров в варианте без удобрений и в фоновом варианте масса 1000 семян была больше, чем в этих же вариантах на почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров и изменялась от 41,06 г в 2015 г. до 50,65 г в 2013 г. – изменение в массе 9,59 г. Под влиянием удобрений масса 1000 семян изменялась значительно меньше и практически снижалась по отношению к варианту без удобрений и к фону (последствие 40 т/га навоза крупного рогатого скота) и несколько превышала массу 1000 семян, полученную на почве с более низкими показателями фосфора и калия. В среднем за три года масса 1000 семян изменялась от 44,06 г в варианте без фунгицидов и инсектицидов до 47,79 г при применении $P_{40}K_{120}$ на фоне последствия органических удобрений (табл. 3).

Увеличение общего количества белка в зерне решает одну из проблем качества зерна, идущего на корм. Известно, что азотные удобрения – основное средство повышения белковости зерна.

Погодные условия 2015 г. способствовали влиянию минеральных удобрений на синтез белка в зерне озимого тритикале по сравнению с 2014 и 2013 гг.

Таблица 3

Влияние систем удобрения на качество зерна озимого тритикале

№ п/п	Масса 1000 зерен, г				Белок, мг/кг				Сбор белка, кг/га			
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	среднее	2013 г.	2014 г.	2015 г.	среднее	2013 г.	2014 г.	2015 г.	среднее
<i>Содержание P₂O₅ (110–170 мг/кг почвы) и K₂O (100–160 мг/кг почвы)</i>												
1	48,59	47,64	39,01	45,08	9,6	8,9	8,8	9,1	313	292	288	298
2	49,01	47,89	40,86	45,92	9,8	8,8	11,1	9,9	335	307	371	337
3	47,09	46,8	40,37	44,75	10,5	11,0	14,3	11,9	513	735	557	602
4	48,49	49,47	42,13	46,70	10,5	10,7	13,8	11,7	509	704	552	589
5	50,70	49,85	42,69	47,75	10	8,5	12,7	10,4	365	443	475	428
6	48,08	46,09	39,77	44,65	10,8	11,2	14,6	12,2	544	768	586	633
7	46,67	47,54	38,33	44,18	12	11,9	15,1	13,0	617	855	608	693
5	51,09	48,84	43,43	47,79	9,4	9,2	11,4	10,0	352	453	446	417
6	47,7	46,66	38,87	44,41	11,1	10,9	15,5	12,5	523	700	626	616
7	49,24	47,53	39,12	45,30	12,3	11,6	15,2	13,0	587	753	625	655
8	48,42	46,67	39,88	44,99	11,9	11,9	15,2	13,0	598	792	636	675
9	48,15	47,52	40,32	45,33	12,1	11,8	15,6	13,2	633	845	627	702
10	45,89	45,4	40,9	44,06	11,3	12,6	16,0	13,3	484	730	647	620
НСР ₀₅	1,2	1,0	1,03		0,7	0,5	0,54		23,4	23,3	17,8	

На почве с показателями фосфора и калия ниже оптимальных параметров максимальные различия в содержании белка по годам составили 4,2 при применении P₇₀K₁₅₀; максимальные различия от применяемой системы удобрения 6,3 % – в 2015 г.

На почве с показателями фосфора и калия на уровне оптимальных параметров максимальные различия в содержании белка по годам составили 4,6 при применении P₄₀K₁₂₀ + N₈₀₊₄₀ и 4,7 % – при P₄₀K₁₂₀ + N₈₀₊₄₀₊₃₀ + МикроСтим-Медь + РР без фунгицидной и инсектицидной защиты; максимальные различия от применяемой системы удобрения 6,8 % – в 2015 г.

Содержание белка на почвах с разными показателями фосфора и калия практически изменялось в одних пределах. На почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров в варианте без удобрений по годам содержание белка изменялось от 8,8 % до 9,6 % с разницей 0,8 %. На почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров в варианте без удобрений содержание белка по годам изменялось от 9,2 % до 9,5 % с разницей 0,3 %. В среднем за три года максимальное содержание белка 13,0–13,3 % отмечено в вариантах с внесением N₈₀₊₄₀₊₃₀ на фоне P_{40,70}K_{120,150} и N₈₀₊₄₀₊₃₀ на фоне P_{40,70}K_{120,150} + МикроСтим-Медь + РР и P₄₀K₁₂₀ + N₈₀₊₄₀₊₃₀ + МикроСтим-Медь + РР без фунгицидной и инсектицидной защиты на фоне последствия 40 т/га навоза крупного рогатого скота. При применении указанных систем удобрения получен и самый высокий сбор белка 655–702 кг/га. Сбор белка определялся урожайностью

и содержанием белка в зерне и в среднем изменялся от 298 кг в варианте без удобрений до 693 кг/га в варианте $P_{70}K_{150} + N_{80+40+30}$ + МикроСтим-Медь + РР на фоне последействия навоза крупного рогатого скота. На почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров в среднем за три года изменялось содержание белка от 9,3 до 13,3 %. Максимальное содержание белка 13,2 и 13,3 отмечено в вариантах с внесением на фоне последействия навоза крупного рогатого скота: $P_{40}K_{120} + N_{80+40+30}$ + МикроСтим-Медь + РР и $P_{40}K_{120} + N_{80+40+30}$ + МикроСтим-Медь + РР без фунгицидов и инсектицидов. Сбор белка в среднем изменялся от 325 кг/га в варианте без удобрений до 702 кг/га при применении $P_{40}K_{120} + N_{80+40+30}$ + МикроСтим-Медь + РР.

При применении системы удобрения $P_{40}K_{120} + N_{80+40+30}$ + МикроСтим-Медь + РР без фунгицидной и инсектицидной защиты недобор белка составил 82 кг/га (табл. 3).

Основные элементы питания (азот, фосфор, калий, кальций, магний), влияющие на биохимические и физиологические процессы, протекающие в клетках растений в период вегетации, и, следовательно, на урожай и его качество изменялись в зависимости от применяемой системы удобрения (таблица 4).

Максимальное содержание азота, кальция и магния в зерне отмечено в 2015 г., минимальное – в 2014 г. Максимальное содержание фосфора и калия в зерне обнаружено в 2013 г., а минимальное – в 2014 г. Максимальное содержание в соломе азота и калия обнаружено в 2015 г., минимальное содержание азота и фосфора – в 2014 г.

В среднем за три года с нарастанием дозы азотного удобрения содержание в зерне и соломе азота, фосфора и калия увеличивалось. Максимальное содержание фосфора, калия и магния в зерне и соломе наблюдалось при применении $N_{80+40+30}$ + МикроСтим-Медь Л + хлормекват-хлорид на фоне $P_{70}K_{150}$ и $P_{40}K_{120}$ (табл. 4).

Хозяйственный вынос элементов питания определялся дозами минеральных удобрений, урожайностью и содержанием элементов в основной и побочной продукции.

На почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных показателей максимальный хозяйственный вынос элементов питания характерен для системы применения удобрений с дозой азота 150 кг д.в./га ($P_{70}K_{150} + N_{80+40+30}$ + МикроСтим-Медь Л + хлормекват-хлорид).

На почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных показателей максимальный хозяйственный вынос элементов питания составил: азот – 144,1, фосфор – 63,7, калий – 136,5, кальций – 12,3 и магний – 14,5 кг и характерен для системы удобрения $P_{40}K_{120} + N_{80+40+30}$ + МикроСтим-Медь Л + хлормекват-хлорид.

Удельный вынос основных элементов питания (с одной тонной зерна и соответствующим количеством соломы), который чаще используется в агрохимической практике для расчета доз удобрений при оптимальной урожайности на обеих почвах составил: азот – 22,4, фосфор – 10,5, калий – 17,7, кальций – 2,0 и магний – 2,5 кг и азот – 23,6, фосфор – 10,6, калий – 22,8, кальций – 2,1 и магний – 2,5 кг/т.

Таким образом, на почве с оптимальными показателями фосфора и калия при внесении меньшей дозы P_2O_5 и K_2O ($P_{40}K_{120}$) хозяйственный и удельный вынос элементов питания выше, чем на почве с показателями P_2O_5 и K_2O ниже оптимальных показателей (табл. 6).

Таблица 4

Влияние систем удобрений на содержание элементов питания в зерне озимого тритикале, 2013–2015 гг.

Вариант		Содержание элементов питания, в сухом веществе																							
		зерно																							
		N общ.					P ₂ O ₅					K ₂ O					CaO					MgO			
2013	2014	2015	сред-нее	2013	2014	2015	сред-нее	2013	2014	2015	сред-нее	2013	2014	2015	сред-нее	2013	2014	2015	сред-нее	2013	2014	2015	сред-нее		
<i>Почва 1. Содержание P₂O₅ (110–170 мг/кг почвы) и K₂O (100–160 мг/кг почвы)</i>																									
1	1,69	1,57	1,56	1,61	0,87	0,73	0,72	0,77	0,70	0,62	0,62	0,65	0,05	0,09	0,12	0,09	0,16	0,21	0,23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
2	1,74	1,56	1,97	1,76	0,84	0,72	0,76	0,77	0,66	0,61	0,64	0,64	0,05	0,09	0,08	0,07	0,16	0,21	0,23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
3	1,87	1,94	2,53	2,11	0,84	0,77	0,87	0,83	0,70	0,67	0,68	0,68	0,05	0,06	0,07	0,06	0,16	0,22	0,26	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
4	1,87	1,90	2,45	2,07	0,82	0,77	0,78	0,79	0,71	0,65	0,66	0,67	0,07	0,07	0,09	0,08	0,15	0,22	0,22	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
5	1,77	1,51	2,25	1,84	0,90	0,74	0,76	0,80	0,70	0,64	0,66	0,67	0,07	0,07	0,07	0,07	0,16	0,20	0,22	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
6	1,91	1,99	2,59	2,16	0,97	0,78	0,84	0,86	0,85	0,68	0,72	0,75	0,07	0,07	0,11	0,08	0,16	0,21	0,24	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
7	2,12	2,10	2,68	2,30	0,99	0,83	0,93	0,92	0,75	0,68	0,77	0,73	0,04	0,07	0,10	0,07	0,16	0,22	0,26	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
<i>Почва 2. Содержание P₂O₅ (240–350 мг/кг почвы) и K₂O (220–350 мг/кг почвы)</i>																									
1	1,68	1,62	1,64	1,65	1,03	0,74	0,78	0,85	0,68	0,62	0,69	0,66	0,05	0,06	0,09	0,07	0,16	0,19	0,23	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
2	1,92	1,59	1,99	1,83	0,98	0,74	0,74	0,82	0,73	0,64	0,62	0,66	0,06	0,08	0,08	0,07	0,16	0,22	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
9	1,89	1,99	2,69	2,19	0,90	0,78	0,85	0,84	0,73	0,67	0,74	0,71	0,06	0,07	0,10	0,08	0,15	0,20	0,23	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
10	2,10	1,93	2,54	2,19	0,95	0,82	0,87	0,88	0,78	0,67	0,75	0,73	0,05	0,08	0,10	0,08	0,16	0,21	0,23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
8	1,67	1,64	2,02	1,78	0,91	0,75	0,78	0,81	0,72	0,65	0,70	0,69	0,06	0,08	0,11	0,08	0,15	0,22	0,23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
7	1,96	1,93	2,74	2,21	0,89	0,74	0,88	0,84	0,70	0,67	0,74	0,70	0,06	0,07	0,09	0,07	0,15	0,21	0,23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
11	2,17	2,06	2,70	2,31	0,97	0,80	0,86	0,88	0,79	0,61	0,71	0,70	0,05	0,09	0,10	0,08	0,16	0,19	0,23	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
12	2,12	2,12	2,69	2,31	0,93	0,80	0,83	0,85	0,71	0,65	0,70	0,69	0,06	0,07	0,09	0,07	0,15	0,20	0,22	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
13	2,14	2,08	2,76	2,33	0,98	0,82	0,90	0,90	0,88	0,71	0,71	0,77	0,07	0,09	0,07	0,08	0,16	0,23	0,24	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
10	2,01	2,23	2,83	2,36	0,94	0,77	0,83	0,85	0,66	0,66	0,68	0,67	0,05	0,08	0,12	0,08	0,14	0,23	0,23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
НСР	0,14	0,16	0,20		0,06	0,05	0,08		0,04	0,05	0,05		0,006	0,02	0,68		0,15	0,01	0,01						

Таблица 5

Влияние систем удобрения на содержание элементов питания в соломе озимого тритикале, 2013–2015 гг.

Ва-риант		Содержание элементов питания, в сухом веществе																		
		солома																		
		N общ.					P ₂ O ₅					K ₂ O								
2013	2014	2015	сред-нее	2013	2014	2015	сред-нее	2013	2014	2015	сред-нее	2013	2014	2015	сред-нее	2013	2014	2015	сред-нее	
<i>Почва 1. Содержание P₂O₅ (110–170 мг/кг почвы) и K₂O (100–160 мг/кг почвы)</i>																				
1	0,43	0,27	0,51	0,40	0,65	0,35	0,16	0,39	1,27	1,48	1,47	1,41	0,22	0,19	0,24	0,22	0,10	0,20	0,21	0,17
2	0,52	0,26	0,49	0,42	0,58	0,35	0,17	0,37	1,31	1,68	1,59	1,53	0,22	0,16	0,22	0,20	0,10	0,18	0,15	0,14
3	0,41	0,37	0,74	0,51	0,76	0,28	0,22	0,42	1,49	1,75	1,71	1,65	0,31	0,24	0,28	0,28	0,10	0,21	0,25	0,19
4	0,42	0,37	0,65	0,48	0,80	0,30	0,18	0,43	1,69	2,20	2,54	2,14	0,26	0,18	0,27	0,24	0,08	0,16	0,18	0,14
5	0,37	0,26	0,55	0,39	0,77	0,35	0,20	0,44	1,70	2,18	2,30	2,06	0,24	0,19	0,28	0,24	0,08	0,17	0,21	0,15
6	0,46	0,41	0,77	0,55	0,65	0,35	0,31	0,44	1,95	2,51	2,44	2,30	0,24	0,22	0,29	0,25	0,07	0,14	0,24	0,15
7	0,41	0,40	0,61	0,47	0,69	0,35	0,23	0,42	1,84	2,35	2,46	2,22	0,28	0,23	0,31	0,27	0,07	0,14	0,22	0,14
<i>Почва 2. Содержание P₂O₅ (240–350 мг/кг почвы) и K₂O (220–350 мг/кг почвы)</i>																				
1	0,39	0,27	0,47	0,38	0,86	0,38	0,18	0,47	1,45	1,76	2,24	1,82	0,19	0,18	0,24	0,20	0,08	0,19	0,15	0,14
2	0,39	0,28	0,48	0,38	0,64	0,38	0,14	0,39	1,60	1,70	2,31	1,87	0,21	0,17	0,29	0,22	0,07	0,18	0,16	0,14
9	0,42	0,41	0,76	0,53	0,66	0,39	0,29	0,45	2,14	2,60	2,60	2,45	0,24	0,20	0,34	0,26	0,05	0,13	0,23	0,14
10	0,43	0,34	0,79	0,52	0,75	0,33	0,47	0,52	2,28	2,45	2,94	2,56	0,25	0,15	0,31	0,24	0,06	0,10	0,22	0,13
8	0,34	0,27	0,49	0,37	0,92	0,35	0,21	0,49	1,65	2,14	2,64	2,14	0,18	0,15	0,25	0,19	0,06	0,15	0,15	0,12
7	0,42	0,39	0,62	0,48	0,68	0,37	0,19	0,41	2,05	2,55	2,38	2,33	0,29	0,20	0,29	0,26	0,08	0,13	0,19	0,13
11	0,42	0,41	0,73	0,52	0,75	0,37	0,29	0,47	2,38	2,75	2,78	2,64	0,23	0,17	0,25	0,22	0,05	0,12	0,19	0,12
8	0,43	0,40	0,76	0,53	0,63	0,36	0,28	0,42	2,42	2,35	2,83	2,53	0,26	0,19	0,33	0,26	0,05	0,11	0,24	0,13
9	0,47	0,39	0,83	0,56	0,69	0,33	0,28	0,43	2,48	2,61	3,04	2,71	0,25	0,18	0,32	0,25	0,07	0,11	0,24	0,14
10	0,42	0,41	0,71	0,51	0,79	0,35	0,35	0,50	1,84	2,2	2,62	2,22	0,26	0,28	0,27	0,27	0,09	0,14	0,19	0,14
НСР	0,02	0,02	0,03		0,04	0,02	0,02		0,11	0,14	0,15		0,01	0,01	0,02		0,01	0,01	0,01	0,01

Таблица 6

Влияние систем удобрения на общий и удельный вынос элементов питания озимым тритикале Вольгарю, в среднем за три года (2013-2015 гг.)

№ п/п	Вынос элементов питания,									
	общий, кг/га					удельный, кг/т				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
<i>Почва 1. Содержание P₂O₅ (110–170 мг/кг почвы) и K₂O (100–160 мг/кг почвы)</i>										
1	60,5	32,1	46,1	6,3	9,0	15,9	8,9	12,1	1,6	2,4
2	68,9	33,0	51,3	5,8	8,8	17,4	8,8	12,9	1,5	2,2
3	121,5	54,1	78,0	10,4	14,8	21,0	9,6	13,4	1,9	2,6
4	118,6	52,9	96,6	9,9	12,7	20,4	9,3	16,7	1,8	2,2
5	85,4	42,9	77,9	7,8	11,2	17,9	9,3	16,1	1,7	2,3
6	129,5	58,9	111,7	11,4	14,3	21,7	10,1	18,7	2,0	2,4
7	137,4	62,5	106,4	11,4	14,5	22,4	10,5	17,7	2,0	2,5
<i>Почва 2. Содержание P₂O₅ (240–350 мг/кг почвы) и K₂O (220–350 мг/кг почвы)</i>										
1	66,3	40,3	63,8	6,6	9,4	16,4	10,4	15,7	1,7	2,3
2	76,5	38,3	66,1	7,2	9,4	18,0	9,4	15,5	1,7	2,2
3	128,2	57,4	110,8	10,8	13,4	21,8	10,0	18,8	1,9	2,3
4	120,6	56,8	104,6	9,2	12,3	21,4	10,5	18,6	1,7	2,2
5	83,2	46,2	81,3	7,5	10,5	17,2	10,1	16,7	1,6	2,1
6	123,8	52,8	106,2	10,7	12,7	21,7	9,5	18,7	1,9	2,3
7	132,0	58,3	116,8	9,8	12,8	22,8	10,4	20,1	1,7	2,2
8	136,6	58,1	116,1	11,2	13,4	22,8	10,0	19,6	2,0	2,3
9	144,1	63,7	136,5	12,3	14,5	23,6	10,6	22,8	2,1	2,5
10	123,6	52,2	89,7	9,6	11,8	22,9	10,1	16,8	1,8	2,2

Таким образом, при возделывании озимого тритикале сорта Вольтарио на дерново-подзолистой супесчаной почве с разным содержанием фосфора и калия применение минеральных удобрений оказало значительное влияние на урожайность и качество зерна.

ВЫВОДЫ

1. В среднем за три года на обеих почвах: с оптимальным содержанием P_2O_5 (240–350 мг/кг) и K_2O (220–350 мг/кг) и ниже оптимального P_2O_5 (110–170 мг/кг) и K_2O (100–160 мг/кг) максимальная урожайность зерна озимого тритикале на одном уровне 63,4 и 63,6 ц/га формировалась при применении $N_{80+40+30}$ + МикроСтим-Медь $_{0,05}$ + хлормекват-хлорид на фоне $P_{70}K_{150}$ и $P_{40}K_{120}$ и последействия (4-й год) 40 т/га навоза крупного рогатого скота. Прибавка зерна на почве с оптимальными параметрами составила 20,9 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 6,7 кг зерна. На почве с содержанием фосфора и калия ниже оптимальных параметров прибавка к фону составила 23,7 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 6,4 кг зерна. В варианте без применения фунгицидов и инсектицидов в среднем за три года недобор зерна озимого тритикале составил 8,9 ц/га.

2. Максимальная рентабельность 101,3 получена при применении $K_{150} + N_{80+40}$ на фоне последействия органических удобрений (4-й год) на дерново-подзолистой супесчаной почве с содержанием фосфора и калия в пахотном слое ниже оптимальных параметров при прибыли 104,3 \$. При применении $P_{70} + N_{80+40}$ получена практически такая же прибавка, как и при внесении $K_{150} + N_{80+40}$ однако, рентабельность и прибыль оказались в два раза меньше – 33,3 и 52,0 \$ соответственно.

3. В среднем за два года (2014–2015 гг.) максимальный показатель Индекса Зелени 38,5 % при применении системы удобрения Фон + $P_{40}K_{120} + N_{80} + N_{40} + N_{30}$ на почве с оптимальным содержанием фосфора и калия. В варианте без фунгицидной и инсектицидной защиты показатели качества достоверно ниже, чем при оптимальной системе удобрения: индекс Зелени – на 8,8 %, хлебопекарная сила муки (W) – на 96,7 %.

4. Роль почвенного плодородия в формировании урожайности зерна озимого тритикале на почве с содержанием фосфора и калия на уровне оптимальных параметров составила 63,8 %, что на 3,8 % выше, чем на почве с более низким содержанием P_2O_5 и K_2O . При этом значение последействия органических удобрений, действия азотных, фосфорных и калийных снижается до 37,2 % против 40,1 % на почве с содержанием P_2O_5 и K_2O ниже оптимальных параметров.

5. На почве с оптимальными показателями фосфора и калия при внесении меньшей дозы P_2O_5 и K_2O ($P_{40}K_{120}$) хозяйственный и удельный вынос элементов питания выше, чем на почве с показателями P_2O_5 и K_2O ниже оптимальных показателей при внесении $P_{70}K_{150}$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кочурко, В.И. Особенности формирования урожая зерна озимого тритикале в зависимости от приемов возделывания / В.И. Кочурко. – Горки: БГСХА, 2002. – 112 с.

2. *Бутшевич, В.Н.* Семеноводство озимого тритикале / В.Н. Бутшевич, Т.М. Буланова, Т.М. Крылова // Белорус. сельское хозяйство. – 2004. – № 1. – С. 23–25.
3. Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимого тритикале при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко / *Агрохимия*. – 2008. – № 5. С. 1–7.
4. *Савчик, М.В.* Озимое тритикале / М.В. Савчик, И.Е. Мартыненко. – Минск, 2001. – 42 с.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов / Ин. аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков и [др.].– Минск: Белорус. наука, 2012. – 460 с.
6. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта: (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1979. – 416 с.
7. *Мельник, В.И.* Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР / В.И. Мельник, М.А. Гольберг. – Минск, 1985.– 450 с.

EFFECTIVENESS OF FERTILIZER SYSTEMS FOR WINTER TRITICALE GROWING ON LUVISOL LOAMY SAND SOIL

V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, A.A. Gracheva

Summary

The influence of fertilizer systems on the yield and quality of winter triticale grown in grain-grass-raw crop rotation after red clover on Luvisol loamy sand soil characterized by different P and K contents (at the level of optimal parameters – P_2O_5 240–350 mg/kg and K_2O 220–350 mg/kg) and lower (P_2O_5 110–170 mg/kg and K_2O 100–160 mg/kg) was discussed. It was found that at both soils maximal grain yields of winter triticale, 63,4 and 63,6 c/ha were obtained under application of $N_{80+40+30}$ + MicroStim-Copper_{0.05} + chlormekvat-chloride at the background of $P_{70}K_{150}$ and $P_{40}K_{120}$ as well as aftereffect of 40 t/ha-1 FYM (4 th year). Grain response at the soil with optimal parameters of P_2O_5 and K_2O was equal to 20,9 c ha⁻¹, payback of 1 kg NPK – 6,7 kg of grain. Grain response at the soil with lower contents of P_2O_5 and K_2O was equal to 23,7 c/ha payback of 1 kg NPK – 6,4 kg of grain. At the treatment without fungicides and insecticides application average (for 3 years) grain yield reduction achieved 8,9 c/ha.

Поступила 20.04.17