

СОСТАВ И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ УРОЖАЕМ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ФОСФОРОМ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ

В.А. Микулич

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Среди продуктов растительного происхождения основным источником белка, потребляемого населением, являются зерновые культуры. Недостаток благоприятных предшественников в осенний период для посева озимой пшеницы в оптимальные сроки, меньшие затраты на средства защиты растений, широкий спектр районированных сортов способствовало увеличению посевных площадей яровой пшеницы.

В последние годы в республике наметилась положительная тенденция к росту урожайности зерновых культур. Кроме того, яровая пшеница дает зерно более высокого качества и является страховой на случай пересева погибших зерновых. В ее зерне содержатся практически все вещества, необходимые для нормального развития организма. От содержания и сбалансированности элементов питания в зерне непосредственно зависит и ее качество (содержание белка и клейковины в зерне).

Решающая роль в комплексе мероприятий по повышению урожайности и качественных показателей зерна яровой пшеницы принадлежит оптимизации минерального питания – основному фактору агрохимической интенсификации производства зерна и повышения плодородия почвы.

Обеспеченность почв подвижными формами фосфатов является важным диагностическим показателем плодородия почв и используется для прогноза урожайности сельскохозяйственных культур, определения необходимых доз удобрений, планирования и проведения защитных мероприятий на загрязненных радионуклидами землях для получения нормативно чистой продукции.

Важным показателем оценки эффективности совместного действия минеральных удобрений и почвенных фосфатов при возделывании яровой пшеницы является содержание основных элементов питания в основной и побочной продукции. Биологические особенности культур определяют их химический состав [1, 2, 3]. В то же время один и тот же вид растений, произрастающий при неодинаковых почвенных условиях, поглощает питательные элементы в разных количествах и соотношениях [4, 5].

Кроме того, содержание элементов питания в основной и побочной продукции используют для определения хозяйственного и удельного выноса элементов, показатели которых применяют для расчета баланса элементов питания и доз удобрений. При использовании соломы в качестве удобрения содержание в ней основных элементов питания позволяет скорректировать планируемые дозы удобрений [6]. В научной литературе встречается очень мало данных о влиянии уровней содержания подвижных фосфатов в почвах на химический состав

и вынос элементов питания с урожаем, что обуславливает актуальность данных исследований. В условиях производства содержание подвижных форм фосфора в дерново-подзолистых почвах Гомельской области по полям и участкам различаются от 50 до 500 мг/кг [7].

Целью настоящей работы являлось установление зависимости состава и выноса элементов питания урожаем яровой пшеницы от уровней содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистой супесчаной почве. В статье также приводятся результаты действия возрастающих доз минеральных удобрений на вынос элементов питания урожаем пшеницы на различных уровнях обеспеченности фосфором дерново-подзолистой супесчаной почвы. Влияние удобрений на урожайность, содержание и аминокислотный состав белка зерна яровой пшеницы, а также накопление радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукции, при различном содержании в почве подвижных фосфатов рассмотрены в предыдущих публикациях [8-10].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В 2005-2007 гг. в полевом стационарном опыте в э/б «Стреличево» Хойникского района Гомельской области на дерново-подзолистой супесчаной почве изучали влияние минеральных удобрений и возрастающей обеспеченности почвы подвижными фосфатами на урожайность и качество зерна яровой пшеницы. Почва пахотного горизонта характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 2,2%, pH KCl – 6,2, содержание подвижных соединений калия (по Кирсанову) K_2O – 220 мг/кг, обменных соединений Ca и Mg (по Мазаевой, Неугодовой) – 863 и 262 мг/кг почвы соответственно. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs – 408 кБк/м², ^{90}Sr – 40 кБк/м².

С целью изучения влияния обеспеченности почвы фосфатами на урожайность и качественные показатели зерна яровой пшеницы опыт включает 4 уровня содержания P_2O_5 : I – (67-72); II – (110-124); III – (189-211) и IV – (388-398) мг P_2O_5 на кг почвы.

Опыт развернут в двух полях. На каждом из уровней было по 9 вариантов внесения удобрений:

1. Контроль; 2. $\text{P}_{60} \text{K}_{120}$; 3. $\text{N}_{60+30} \text{K}_{90}$; 4. $\text{N}_{60+30} \text{P}_{60}$; 5. $\text{N}_{60+30} \text{P}_{60} \text{K}_{90}$;
6. $\text{N}_{60+30} \text{P}_{60} \text{K}_{120}$; 7. $\text{N}_{60+30} \text{P}_{60} \text{K}_{180}$; 8. $\text{N}_{60} \text{P}_{60} \text{K}_{120}$; 9. $\text{N}_{60+30+20} \text{P}_{60} \text{K}_{120}$

Для количественной оценки действия возрастающих доз азотных удобрений при различной обеспеченности почвы фосфатами включены варианты: без N, N_{60} , N_{90} и N_{110} на фоне $\text{P}_{60} \text{K}_{120}$ (в двух последних вариантах – внесение азотных удобрений дробное). Схема опыта также позволяет оценить влияние возрастающих доз калийных удобрений (K_{90} , K_{120} , K_{180}) на исследуемые качественные показатели зерна при различной обеспеченности почвы подвижным фосфором. Варианты $\text{N}_{60+30} \text{K}_{90}$ и $\text{N}_{60+30} \text{P}_{60} \text{K}_{90}$ предполагают изучение эффективности применения фосфорных удобрений при разных уровнях содержания фосфатов в почве.

Яровая пшеница Рассвет, характеризующаяся высокими показателями урожайности и качества зерна, высевалась после зернобобовых предшественников: люпина и горохоовсяной смеси. Агротехника, используемая на опыте, соответствовала рекомендациям для данной зоны. В предпосевную культивацию были внесены минеральные удобрения в виде карбамида, аммонизированного суперфосфата и хлористого калия.

Использование метода Кирсанова для почвенной диагностики фосфорного питания на дерново-подзолистых почвах в настоящее время нам представляется обоснованным, так как является наиболее дешевым и в то же время, как свидетельствуют данные многочисленных исследований последних 40 лет, позволяет удовлетворительно оценить динамику фосфатного режима почв в различных системах удобрения и определить степень обеспеченности почв фосфором для питания растений [11, 12, 13].

Формы почвенных фосфатов определяли методом Гинзбург-Лебедевой, степень подвижности фосфатов (0,01 М CaCl₂) – методом Скофилда.

В отобранных образцах зерна и соломы выполнены определения следующих показателей:

- ▶ общий азот, фосфор, калий, кальций, магний определялись из одной навески после мокрого озоления серной кислотой;
- ▶ азот – методом Къельдаля, фосфор – на фотоэлектроколориметре;
- ▶ калий – на пламенном фотометре ФПА-2;
- ▶ кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенные исследования на дерново-подзолистой связносупесчаной почве показали, что содержание элементов питания (азот, фосфор, калий) в основной и побочной продукции яровой пшеницы находилось в зависимости от уровня обеспеченности почвы подвижным фосфором и доз минеральных удобрений.

Повышение содержания P₂O₅ в почве с 67-72 до 388-398 мг/кг привело к значимому повышению содержания фосфора в зерне пшеницы на 0,14-0,19%, или в 1,2-1,3 раза (табл. 1).

Зависимость концентрации фосфора в зерне яровой пшеницы от содержания подвижных фосфатов в почве устойчива по годам исследований как на контрольном варианте без внесения удобрений, так и на удобренном варианте и характеризуется высокими коэффициентами детерминации 0,90-0,96, что говорит о хорошем соответствии расчетных кривых экспериментальным данным (рис. 1). На контрольном варианте без удобрений содержание фосфора в зерне повышается по линейной зависимости из расчета + 0,04% P₂O₅ на каждые 100 мг прироста содержания подвижных форм фосфора на кг почвы. На наиболее эффективном варианте удобрений повышение концентрации фосфора в зерне идет по параболической кривой с расчетным максимумом при содержании 350 мг P₂O₅ на кг почвы. Внесение фосфорного удобрения в дозе P₆₀ сопровождалось небольшим повышением содержания фосфора в зерне на 0,02-0,06% на II-IV уровнях обеспеченности почвы фосфатами.

Содержание общего азота в зерне пшеницы заметно возрастало по мере повышения дозы азотных удобрений от N₆₀ до N₁₁₀. Так, содержание общего азота (N) в зерне, в варианте N₆₀P₆₀K₁₂₀ по отношению к варианту P₆₀K₁₂₀ увеличилось на 0,50-0,54-0,63-0,60% согласно уровням обеспеченности почвы фосфатами, в варианте N₆₀₊₃₀P₆₀K₁₂₀ – на 0,62-0,67-0,78-0,68%, а в варианте N₆₀₊₃₀₊₂₀P₆₀K₁₂₀ – на 0,68-0,70-0,84-0,70% соответственно.

Влияние обеспеченности почвы подвижными фосфатами и минеральных удобрений на содержание элементов питания в зерне яровой пшеницы, % в сухом веществе, среднее за 2005-2007 гг.

Варианты	Нобщ	Нбелк	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
67-72 мг P ₂ O ₅ на кг почвы						
Контроль	2,40	1,80	0,61	0,86	0,05	0,34
P ₆₀ K ₁₂₀	2,46	1,85	0,61	0,88	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀ K ₉₀	2,85	1,97	0,63	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀	2,92	2,06	0,62	0,86	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	3,05	2,11	0,64	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,08	2,14	0,63	0,88	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀	3,08	2,16	0,64	0,88	0,05	0,35
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,96	2,09	0,63	0,87	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀₊₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,14	2,18	0,66	0,87	0,05	0,34
110-124 мг P ₂ O ₅ на кг почвы						
Контроль	2,49	1,90	0,63	0,86	0,05	0,34
P ₆₀ K ₁₂₀	2,45	1,97	0,63	0,87	0,05	0,31
N ₆₀₊₃₀ K ₉₀	2,93	2,02	0,66	0,87	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀	2,91	2,18	0,66	0,87	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	3,12	2,25	0,68	0,88	0,05	0,33
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,12	2,30	0,69	0,89	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀	3,08	2,35	0,68	0,90	0,05	0,36
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	2,99	2,23	0,68	0,87	0,05	0,36
N ₆₀₊₃₀₊₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,15	2,33	0,68	0,87	0,05	0,33
189-211 мг P ₂ O ₅ на кг почвы						
Контроль	2,51	2,02	0,66	0,86	0,05	0,35
P ₆₀ K ₁₂₀	2,48	1,99	0,68	0,87	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀ K ₉₀	3,17	2,26	0,69	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀	3,03	2,25	0,71	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	3,24	2,32	0,74	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,26	2,35	0,79	0,88	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀	3,24	2,37	0,77	0,88	0,05	0,35
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,11	2,26	0,76	0,86	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀₊₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,32	2,44	0,81	0,87	0,06	0,34
388-398 мг P ₂ O ₅ на кг почвы						
Контроль	2,45	2,01	0,75	0,87	0,05	0,34
P ₆₀ K ₁₂₀	2,45	1,96	0,80	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ K ₉₀	3,06	2,18	0,79	0,88	0,05	0,34
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀	2,80	2,18	0,84	0,87	0,05	0,36
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₉₀	3,12	2,09	0,85	0,88	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,13	2,13	0,85	0,88	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀	3,12	1,85	0,85	0,89	0,05	0,35

Варианты	Нобщ	Нбелк	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,05	2,08	0,84	0,87	0,05	0,35
N ₆₀₊₃₀₊₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,15	2,26	0,85	0,87	0,06	0,35
НСП ₀₅ варианты уровни	0,08	0,03	0,01	0,02	0,02	0,04
	0,06	0,04	0,01	0,02	0,02	0,03

Наибольшая концентрация азота в зерне наблюдалась при содержании фосфора на уровне 189-211 мг/кг почвы, и при дальнейшем его повышении до уровня около 400 мг/кг накопление азота в основной продукции начинает снижаться. Например, при увеличении обеспеченности почвы фосфором от 67-72 до 189-211 мг/кг содержание азота в зерне яровой пшеницы повышалось на 0,15-0,18%, а в диапазоне содержания P₂O₅ от 189-211 до 388-398 мг/кг почвы – снижалось на 0,06-0,17%, соответственно при дозах азота N₆₀ и N₁₁₀. Такая же тенденция наблюдалась в отношении содержания белкового азота в зерне яровой пшеницы.

Содержание калия, кальция и магния в зерне пшеницы практически не изменялось на всех исследуемых вариантах опыта. Внесение минеральных удобрений и уровень обеспеченности почвы фосфатами не оказывали значимого влияния на содержание данных элементов в зерне яровой пшеницы.

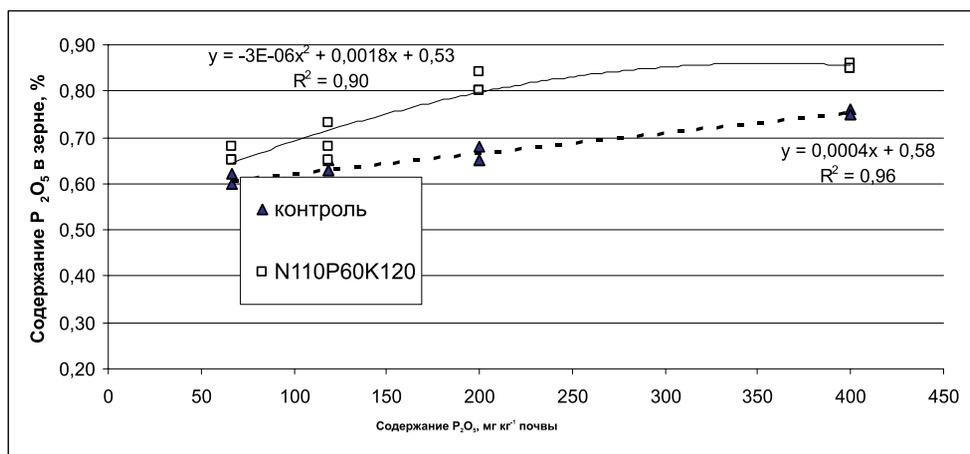


Рис. 1. Содержания фосфора в зерне яровой пшеницы в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижными фосфатами, %

Содержание элементов питания в соломе яровой пшеницы более заметно различалось в зависимости от доз минеральных удобрений и обеспеченности почвы фосфатами (табл. 2).

Содержание азота в соломе яровой пшеницы зависело от азотного удобрения и по отношению к контролю на варианте N₁₁₀P₆₀K₁₂₀ кг/га повышалось на 0,05-0,07-0,09-0,12% по мере увеличения обеспеченности почвы фосфатами.

При увеличении содержания подвижного фосфора в почве от 67-72 мг/кг до 388-398 мг/кг содержание общего азота в соломе немного повысилось с 0,60-0,65 до 0,64-0,76%, а содержание P₂O₅ повысилось с 0,06-0,09 до 0,26-0,27%, или в 3-4 раза. Внесение P₆₀ сопровождалось сравнительно небольшим повышением

содержания фосфора в соломе на 0,02-0,5% на первых трех уровнях обеспеченности почвы фосфором, в диапазоне содержания P_2O_5 67-211 мг/кг почвы. Очевидно, солома яровой пшеницы, возделываемая на почвах с повышенным содержанием фосфора, является ценным видом грубых кормов, обогащенных фосфатами, дефицит которых в рационе КРС еще наблюдается в большинстве хозяйств Беларуси.

Таблица 2

Влияние обеспеченности почвы подвижными фосфатами и минеральных удобрений на содержание элементов питания в соломе яровой пшеницы, % в сухом веществе, среднее за 2005-2007 гг.

Варианты	Нобщ	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
67-72 мг P_2O_5 на кг почвы					
Контроль	0,60	0,06	0,80	0,13	0,08
$N_{90}P_{60}K_{90}$	0,65	0,09	1,26	0,14	0,10
$N_{90}P_{60}K_{120}$	0,65	0,09	1,44	0,15	0,10
$N_{90}P_{60}K_{180}$	0,65	0,08	1,60	0,15	0,13
$N_{110}P_{60}K_{120}$	0,65	0,09	1,73	0,16	0,14
110-124 мг P_2O_5 на кг почвы					
Контроль	0,60	0,08	0,72	0,15	0,09
$N_{90}P_{60}K_{90}$	0,64	0,11	1,18	0,17	0,15
$N_{90}P_{60}K_{120}$	0,65	0,10	1,35	0,13	0,16
$N_{90}P_{60}K_{180}$	0,65	0,10	1,59	0,15	0,15
$N_{110}P_{60}K_{120}$	0,67	0,10	1,48	0,16	0,16
189-211 мг P_2O_5 на кг почвы					
Контроль	0,61	0,15	0,84	0,14	0,08
$N_{90}P_{60}K_{90}$	0,67	0,20	1,38	0,17	0,14
$N_{90}P_{60}K_{120}$	0,66	0,20	1,50	0,16	0,15
$N_{90}P_{60}K_{180}$	0,67	0,20	1,67	0,17	0,16
$N_{110}P_{60}K_{120}$	0,70	0,21	1,49	0,16	0,15
388-398 мг P_2O_5 на кг почвы					
Контроль	0,64	0,26	0,88	0,18	0,11
$N_{90}P_{60}K_{90}$	0,69	0,26	1,34	0,19	0,13
$N_{90}P_{60}K_{120}$	0,69	0,26	1,54	0,19	0,15
$N_{90}P_{60}K_{180}$	0,70	0,27	1,69	0,18	0,16
$N_{110}P_{60}K_{120}$	0,76	0,27	1,55	0,20	0,15
НСП ₀₅ варианты уровни	0,02	0,02	0,28	0,02	0,03
	0,05	0,10	0,11	0,03	0,02

Содержание калия в соломе зависело от дозы калийного удобрения и по отношению к $N_{90}P_{60}K_{90}$ на варианте $N_{90}P_{60}K_{180}$ увеличилось на 0,34-0,41-0,29-0,35% соответственно уровням обеспеченности почвы фосфором. В варианте оптимального удобрения $N_{110}P_{60}K_{120}$ содержание калия уменьшилось на 0,25-0,18% на II-IV уровнях содержания подвижных фосфатов в почве. При низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором (67-72 мг P_2O_5 на кг почвы) в соломе пшеницы накапливается избыточный калий, а эквивалентное соотношение $K/(Ca+Mg)$ достигает

ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ И ПРИМЕНЕНИЕ УДОБРЕНИЙ

2,93, что несколько снижает качество корма. По мере увеличения обеспеченности фосфором до P_2O_5 189-211 и 388-398 мг/кг почвы содержание кальция и магния несколько повышается, а соотношение $K/(Ca+Mg)$ в соломе стабилизируется на более приемлемом уровне 2,40 и 2,27 соответственно.

Потребность сельскохозяйственных культур в элементах питания характеризуется выносом их с урожаем основной и побочной продукции. Различают общий (хозяйственный) – количество отчуждаемых с поля питательных веществ и удельный вынос, рассчитываемый на единицу основной продукции.

На основании результатов определения химического состава зерна и соломы нами рассчитан общий вынос элементов питания с урожаем яровой пшеницы (табл. 3).

Таблица 3

Общий вынос азота, фосфора и калия с урожаем яровой пшеницы в зависимости от уровня обеспеченности почвы фосфатами и доз минеральных удобрений, 2005-2007 гг., кг/га

Вариант	N				P_2O_5				K_2O			
	Уровень содержания подвижного фосфора в почве, мг/кг											
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Контроль	55,8	47,7	83,1	92,4	14,3	18,7	24,9	35,0	31,2	36,3	45,9	52,9
$P_{60}K_{120}$	63,3	77,0	90,0	103,4	16,7	21,7	29,5	41,3	44,5	54,7	65,3	75,8
$N_{90}K_{90}$	84,9	103,8	126,3	166,2	19,5	25,2	32,4	53,9	51,2	58,8	70,8	98,8
$N_{90}P_{60}$	90,4	108,9	124,8	150,8	20,4	26,5	35,6	54,9	46,5	61,4	59,3	78,0
$N_{90}P_{60}K_{90}$	103,4	128,1	151,6	178,4	23,6	31,3	42,5	60,6	61,2	72,3	90,3	106,5
$N_{90}P_{60}K_{120}$	109,9	138,1	167,5	212,2	24,6	33,5	48,9	71,2	70,7	84,9	105,0	137,5
$N_{90}P_{60}K_{180}$	119,8	144,3	171,6	220,3	26,7	35,1	49,4	74,6	82,8	99,1	115,9	153,2
$N_{60}P_{60}K_{120}$	100,2	126,6	143,7	165,4	22,9	31,6	42,2	57,2	76,8	84,4	91,2	111,3
$N_{110}P_{60}K_{120}$	125,6	149,8	177,4	234,5	28,7	35,5	52,3	78,2	89,6	95,8	108,0	148,7

В среднем за 2005-2007 гг. хозяйственный вынос азота, фосфора и калия увеличивался по мере повышения обеспеченности почвы подвижными фосфатами и доз минеральных удобрений.

Параметры выноса азота и фосфора в большей мере определялись концентрацией их в зерне и уровнем полученной урожайности, так как концентрация азота и фосфора в соломе ниже, чем в зерне. По мере увеличения обеспеченности почвы подвижным фосфором от 67-72 до 388-398 мг/кг общий вынос азота увеличился в варианте с наибольшей урожайностью зерна яровой пшеницы $N_{110}P_{60}K_{120}$ от 125,6 до 234,6 кг/га, фосфора – от 28,7 до 78,2 кг/га, или, соответственно, в 1,9 и 2,7 раза.

Вынос калия определялся в большей мере концентрацией данного элемента в соломе и зависел от доз калийных удобрений и содержания подвижного фосфора в почве. При оптимальных дозах удобрений $N_{110}P_{60}K_{120}$ вынос калия с гектара посева повышался по мере увеличения содержания фосфора в почве от 89,6 до 148,7 кг K_2O , или в 1,7 раза.

Вынос кальция и магния в большей степени определялся величиной урожая основной и побочной продукции. Вынос кальция растениями яровой пшеницы при оптимальном удобрении $N_{110}P_{60}K_{120}$ под влиянием обеспеченности почвы фосфором повышался от 7,3 до 16,1 кг/га, магния – от 16,1 до 30,2, или соответственно в 2,2 и 1,9 раза (табл. 4).

Общий вынос кальция и магния с урожаем яровой пшеницы в зависимости от уровня обеспеченности почвы фосфатами и доз минеральных удобрений, 2005-2007 гг., кг/га

Варианты	CaO				MgO			
	Уровень подвижного фосфора, мг/кг почвы							
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Контроль	3,4	4,4	5,2	7,0	7,8	9,8	11,5	13,5
$P_{60}K_{120}$	4,3	5,5	6,3	8,0	8,9	10,9	12,8	15,8
$N_{90}K_{90}$	5,6	7,6	7,2	11,0	11,0	14,1	16,0	21,4
$N_{90}P_{60}$	5,6	7,2	7,4	10,7	11,7	15,2	16,3	22,1
$N_{90}P_{60}K_{90}$	5,5	7,8	8,9	11,6	12,6	16,5	19,2	22,6
$N_{90}P_{60}K_{120}$	6,2	6,9	9,3	13,7	13,3	18,5	21,6	27,9
$N_{90}P_{60}K_{180}$	6,7	8,0	10,1	13,8	15,5	19,9	22,6	29,7
$N_{60}P_{60}K_{120}$	5,9	7,3	8,8	11,6	13,5	18,3	19,3	22,9
$N_{110}P_{60}K_{120}$	7,3	8,7	10,1	16,1	16,1	19,5	21,9	30,2

Для определения потребности растений в элементах питания чаще используется удельный вынос, так как изменение урожайности от внешних условий сказывается на соотношении основной и побочной продукции, которые различаются по-своему химическому составу. Удельный вынос элементов питания отличается заметным постоянством. Например, с 1 т основной и соответствующим количеством побочной продукции яровой пшеницы, при различной обеспеченности почвы подвижным P_2O_5 в варианте $N_{110}P_{60}K_{120}$ выносятся: 33,1-33,4-35,1-34,0 кг азота, 7,5-7,9-10,3-11,3 кг P_2O_5 , 23,6-21,3-21,3-21,6 кг K_2O , 1,9-1,9-2,0-2,3 кг CaO и 4,2-4,3-4,3-4,4 кг MgO. Таким образом, по мере повышения содержания подвижных фосфатов существенно увеличивался только относительный вынос фосфора.

На основании общего выноса фосфора зерном яровой пшеницы разностным методом были рассчитаны коэффициенты использования фосфора из удобрения в варианте $N_{90}P_{60}K_{90}$ (рис. 2).

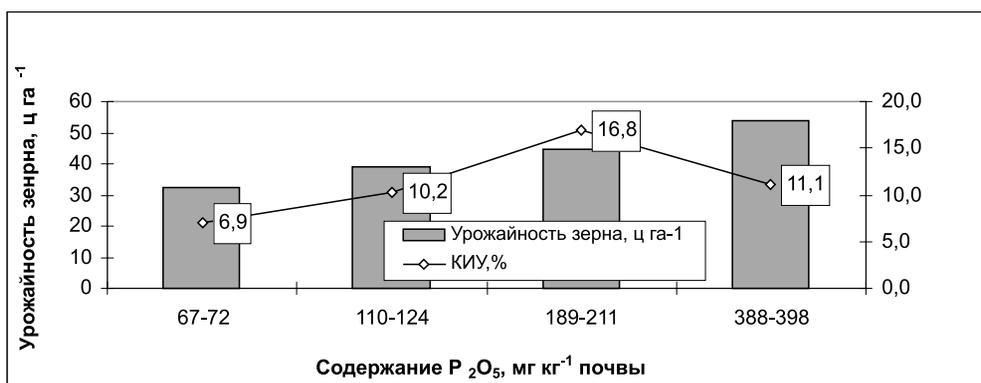


Рис. 2. Урожайность зерна яровой пшеницы и коэффициенты использования фосфора из удобрения $N_{90}P_{60}K_{90}$, КИУ, % в зависимости от содержания подвижных фосфатов в дерново-подзолистой супесчаной почве

Полученные данные свидетельствуют об увеличении в 2,4 раза потребления растениями фосфора из удобрения по мере повышения концентрации подвижных форм фосфора в почве в диапазоне 67-200 мг P_2O_5 на кг почвы, из-за меньшей фиксации их почвенным поглощающим комплексом. При обилии доступных форм фосфора для растений в почве на четвертом уровне (около 400 мг/кг почвы) растения яровой пшеницы используют только 11,1% фосфора из удобрения.

При низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором на первых двух уровнях, основное количество минеральных фосфатов приходится на менее доступные растениям фосфаты железа, алюминия и трехзамещенные фосфаты кальция. На третьем и, особенно, на четвертом уровне обеспеченности почвы фосфором возрастает количество рыхлосвязанных однозамещенных фосфатов кальция, а степень подвижности фосфатов повышается до 10 раз (табл. 5).

Таблица 5

Степень подвижности и фракционный состав фосфатов при различной обеспеченности по Кирсанову (P_2O_5 мг/кг почвы) дерново-подзолистой связносупесчаной, подстилаемой моренной, почвы

Подвижные фосфаты по Кирсанову, мг/кг почвы	Степень подвижности (0,01M $CaCl_2$), мг/л	Фракционный состав фосфатов, мг P_2O_5 на кг почвы				
		Ca-P _I	Ca-P _{II}	Al-P	Fe-P	Ca-P _{III}
67-72	0,52	49,7	16,5	87,0	393,0	95,0
110-124	1,36	90,5	17,0	153,0	397,0	123,0
189-211	3,15	90,0	19,7	188,0	428,0	123,0
388-398	5,20	163,0	23,0	242,0	438,0	123,0

В научной литературе имеются подтверждения такой закономерности на материале полевых опытов, когда эффективность фосфорного удобрения снижается вследствие низкого исходного содержания подвижных фосфатов и повышенной фиксации фосфора удобрениями [14, 15]. По мере повышения концентрации фосфатов в почве, фосфор удобрения в меньшей степени фиксируется почвой и становится более доступным для растений. Эти закономерности следует учитывать при разработке системы удобрений.

ВЫВОДЫ

1. Увеличение содержания подвижных форм фосфора в дерново-подзолистой супесчаной почве с 67-72 до 388-398 мг/кг, сопровождается заметным повышением содержания фосфора в зерне пшеницы на 0,14-0,19%, или в 1,2-1,3 раза и повышением содержания фосфора в соломе с 0,06-0,09 до 0,26-0,27%, или в 3-4 раза. Внесение фосфорного удобрения P_{60} кг/га обеспечивает только небольшое повышение содержания фосфора в зерне и соломе. Очевидно, что солома яровой пшеницы, возделываемая на почвах с повышенным содержанием фосфора, является ценным видом грубых кормов, в связи с дефицитом фосфора в рационах КРС.

2. Наибольшая концентрация общего и белкового азота в зерне наблюдается при содержании фосфора на уровне 189-211 мг/кг почвы, и при дальнейшем его до уровня около 400 мг/кг накопление азота в основной продукции начинает снижаться. Внесение минеральных удобрений и уровень обеспеченности поч-

вы фосфатами не оказывали значимого влияния на содержание калия, кальция и магния в зерне яровой пшеницы.

3. Содержание азота в соломе закономерно повышается по мере увеличения содержания подвижных фосфатов в почве и доз азотного удобрения. Содержание калия в соломе также повышается в соответствии с увеличением доз калийного удобрения. Даже в варианте оптимального удобрения $N_{110}P_{60}K_{120}$, при низкой обеспеченности почвы подвижным фосфором (67-72 мг P_2O_5 на кг почвы) в соломе пшеницы накапливается избыточный калий, а эквивалентное соотношение $K/(Ca+Mg)$ достигает 2,93, что несколько снижает качество корма. По мере увеличения обеспеченности фосфором до уровня около 200 мг P_2O_5 на кг почвы и выше, накопление калия в соломе уменьшается, а соотношение $K/(Ca+Mg)$ в соломе стабилизируется на более приемлемом уровне 2,27-2,40.

4. Увеличение содержания подвижных фосфатов (по Кирсанову) в диапазоне 67-200 мг P_2O_5 на кг почвы сопровождается повышением коэффициента использования фосфора из аммонизированного суперфосфата яровой пшеницей от 6,9 до 16,8%, или в 2,4 раза, вследствие меньшего закрепления в почве в виде малодоступных для растений трехзамещенных фосфатов кальция и фосфатов полуторных окислов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулаковская, Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т.Н. Кулаковская. – Минск: Агропромиздат, 1990. – 219 с.

2. Минеев, В.Г. Агрохимические основы повышения качества зерна пшеницы / В.Г. Минеев, А.Н. Павлов. – М.: Колос, 1981. – 288 с.

3. Минеев, В.Г. Удобрение, урожай, качество / В.Г. Минеев. – Воронеж, 1966.

4. Лапа, В.В. Эффективность азотных удобрений при различных балансах фосфора и калия в удобрении озимой ржи на дерново-подзолистой супесчаной почве / В.В. Лапа [и др.] // Проблемы питания растений и использования удобрений в современных условиях: материалы международной научно-практической конференции. – Минск, 2000. – С. 268-272.

5. Шаковец, О.Е. Вынос и коэффициенты использования элементов питания при различных системах удобрения озимой ржи / О.Е. Шаковец // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – №2(43). – С. 129-136.

6. Лапа, В.В. Оптимизация минерального питания зерновых культур на основе регулирования интенсивности продукционных процессов: рекомендации / В.В. Лапа [и др.] // РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2006. – 12 с.

7. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.] // РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2006. – 288 с.

8. Богдевич, И.М. Эффективность минеральных удобрений под яровую пшеницу в зависимости от обеспеченности почвы подвижными фосфатами / И.М. Богдевич, В.А. Дроздовская В. А // Почвоведение и агрохимия – 2006. – №2(37). – С. 70-76.

9. Богдевич, И.М. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижными фосфатами и минеральных удобрений / И.М. Богдевич, Микулич В. А. // Почвоведение и агрохимия – 2007. – №2(39). – С.75-91.

10. Микулич, В.А. Переход ^{137}Cs и ^{90}Sr в яровую пшеницу в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы фосфатами и доз минеральных удобрений / В.А. Микулич // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – №1(40). – С. 288-297.

11. Адрианов, С.Н. Оценка методов определения подвижных фосфатов в почве / С.Н. Адрианов // Плодородие. – 2008. – №2. – С. 14-17.

12. Носко, Б.С. Сравнительное изучение методов определения подвижных форм фосфатов на примере почв Левобережной лесостепи Украины / Б.С. Носко, В.Г. Роздайбеда // Агрохимия. – 1975. – №11. – С.109-115.

13. Сычев, В.Г. Тенденции изменения агрохимических показателей плодородия почв Европейской части России / В.Г. Сычев. – Москва: ЦИНАО, 2000. – 187с.

14. Сушеница, Б.А. Фосфатный уровень почв и его регулирование / Б.А. Сушеница. – М.: Колос, 2007. – 376 с.

15. Johnston, A.E. Soil and Plant Phosphate / A.E. Johnston. – IFA, Paris, 2000. – 46 p.

CONTENT AND REMOVAL OF NUTRIENTS WITH YIELD OF SPRING WHEAT RELATED TOP-STATUS OF LUVISOL LOAMY SAND SOIL AND FERTILIZERS

V.A. Mikulich

Summary

The field experiment with fertilizer treatments of spring wheat on the four different levels of luvisol loamy sand soil supply with mobile phosphates has been conducted in 2005-2007. A significant increase of phosphorus content in the grain (in 1,2-1,3 times) and straw (3-4 times) with increase of mobile phosphates from 67 to ≈ 400 mg P_2O_5 kg of soil was observed. Set parameters removal of phosphorus and other nutrients (N, K, Ca and Mg) may be considered in the planning system of fertilization of spring wheat on similar soils with different levels of phosphorus supply.

Поступила 14 марта 2011 г.

УДК 631.524.84:633.19

ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВОГО ТРИТИКАЛЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ

В.Н. Босак¹, О.Н. Марцунь²

¹Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь

²Гродненский зональный институт растениеводства, г. Щучин, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Тритикале (*x Triticosecale Wittm.*) представляет собой новый ботанический род, полученный путем объединения хромосомных комплексов двух разных ботани-