

УДК 631.526.32:631.81:633.1

ВЛИЯНИЕ СОРТА НА ПОТРЕБЛЕНИЕ И ВЫНОС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

© 2024 г. С. А. Шафран^{1,*}, С. Б. Виноградова¹¹Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д. Н. Прянишникова
127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия

*E-mail: shafran38@mail.ru

Представлены результаты полевых опытов, в которых изучали влияние сортовых особенностей зерновых культур различных периодов селекции на эффективность применения под них минеральных удобрений на различных почвах. Особое внимание уделяли удельному выносу элементов питания, что означает потребление азота, фосфора и калия 1 т урожая зерна с соответствующим количеством соломы. Результаты экспериментов показали, что изученные сорта по-разному отзывались на внесение удобрений. Практически все современные сорта обеспечивали получение более высоких урожаев по сравнению с ранее районированными. Сорт озимой пшеницы Мироновская 808 на дерново-подзолистой почве почти в 2 раза уступал сорту Московская 39 и в 1.7 раза на выщелоченных черноземах сорту Львовская 4 при внесении одинаковой дозы NPK. Аналогичные данные получены также для ярового ячменя сорта Московский 121 и сортов НУР и Эльф на дерново-подзолистых почвах, где при внесении N60P60K60 получен урожай 2.7 т/га в первом случае и 4.9 и 4.7 — во втором. Идентичные результаты отмечены также на черноземах выщелоченных и светло-каштановых почвах. В опытах с яровой пшеницей результат был таким же, но урожайность этой культуры оказалась меньше по сравнению с озимой пшеницей и яровым ячменем. Сорта изученных зерновых культур в меньшей степени реагировали на изменение удельного выноса питательных веществ, и полученные данные не отображали достаточно четкой закономерности, что вызывает необходимость продолжения исследований в этом направлении.

Ключевые слова: зерновые культуры, сорта, урожайность, вынос питательных веществ.

DOI: 10.31857/S0002188124070062, **EDN:** CFXRFX

ВВЕДЕНИЕ

Среди множества методов определения доз минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры в отечественной агрохимии, одним из перспективных является расчет по коэффициентам возмещения выноса питательных веществ намеченным урожаем. Коэффициент возмещения выноса представляет собой соотношение величины дозы внесенного удобрения к его выносу урожаем. Достоинство данного метода состоит в том, что он позволяет оптимизировать питание растений в зависимости от потребности в питательных веществах и их наличия в пахотном слое почвы.

В ЦИНАО были разработаны нормативы выноса питательных веществ сельскохозяйственными культурами в расчете на 1 т урожая. В выполнении данной работы принимали участие соисполнители, которые проводили полевые опыты в регионах страны в отраслевых и зональных институтах, учреждениях агрохимической службы, Госсортсети,

областных опытных станциях и сельскохозяйственных учебных заведениях [1].

Нормативы выноса были предназначены для определения потребности в минеральных удобрениях балансовым методом и определения баланса азота, фосфора и калия в земледелии на уровне экономических районов, природно-сельскохозяйственных зон, областей, краев и автономных республик. Использование этих нормативов дало возможность установить закономерности изменения содержания подвижных форм фосфора и калия в почвах в зависимости от степени выноса их урожаями сельскохозяйственных культур. Параллельно выполняли исследования по выявлению связи между балансом и изменением содержания питательных веществ в почвах, были разработаны дозы удобрений, обеспечивающие увеличение содержания подвижных форм фосфора и калия на 10 мг/кг или 1 мг/100 г почвы и нормы убыли этих питательных веществ из почвы при превышении их выноса над внесением. Предложены методы

расчета для обоих случаев и составлен прогноз содержания подвижных форм фосфора и калия для области Центрального района [2]. Апробация методики дала положительный результат, поскольку прогнозируемые и фактические данные оказались близкими по величине [3].

Вместе с тем следует иметь в виду, что разработанные нормативы выноса элементов питания охватывают период прошлого столетия, когда возделывали иные сорта сельскохозяйственных культур и была другая технология их выращивания. В научной литературе уже имеются данные, которые свидетельствуют о том, что новые сорта лучше отзываются на дозы минеральных удобрений и уровень почвенного плодородия, что способствует формированию более высоких урожаев [4]. Однако практически нет данных о том, как это отражается на выносе питательных веществ в расчете на 1 т урожая основной и побочной продукции, как это было в упомянутых нормативах.

В связи с этим, цель работы — установить влияние сортовых особенностей зерновых культур различного периода селекции и районирования на вынос питательных веществ единицей урожая.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили на базе полевых опытов, проведенных сотрудниками и аспирантами института, а также в ряде случаев на основе данных, опубликованных в работах прошлого периода [5–9]. В основу установления нормативов взяты методы ЦИНАО. Изучение влияния сорта проводили на различных типах почв с основными зерновыми культурами: озимой и яровой пшеницей, яровым ячменем, при этом сравнивали результаты экспериментов, проведенных с современными сортами и с теми, которые были районированы ранее. Для этого были использованы ранее опубликованные работы или отчетные карточки опытов, которые были проведены агрохимической службой в XX веке.

Подобными исследованиями был охвачен достаточно широкий спектр почвенных разновидностей, в который входили дерново-подзолистые и серые лесные почвы, различные типы черноземов и каштановые почвы. При этом представилась возможность учесть наибольшее количество научной информации, полученной в опытах, проведенных в Нечерноземной зоне [10–13].

Для сравнения научных данных, полученных в различные периоды исследований, использовали информацию опытов, которые были проведены в течение 3-х лет и более на одном и том же типе почв по идентичным программам. В ряде случаев были использованы отчетные карточки опытов агрохимической службы, содержащих нужную

информацию. Вынос элементов питания в вариантах опытов в расчете на 1 т основной (зерна) и побочной (соломы) продукции определяли по методике ЦИНАО [1], коэффициенты возмещения выноса питательных веществ — по методике ВНИИА [1], согласно которой они представляют собой соотношение количества внесенных удобрений к их выносу урожаем, и рассчитывали по формуле:

$$K_v = DФ / ВФ,$$

где ДФ — внесенная доза удобрения, кг/га, ВФ — вынос питательного вещества полученным урожаем основной и побочной продукцией, кг/га.

Исследованиями был охвачен период интенсивной химизации в сельском хозяйстве, начиная от начала 1970-х и заканчивая 1980-ми гг. прошлого столетия. Полученные в этот период данные сопоставляли с результатами исследований, которые были получены после 2000 г. При выборе сорта для исследования предпочтение оказывали тем сортам, которые доминировали в условиях производства. К ним относится, например, озимая пшеница Мироновская 808, которую длительное время возделывали во многих регионах нашей страны. Это, наряду с увеличением количества примененных удобрений, позволило за короткое время значительно повысить урожайность зерновых культур в Европейской части страны.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования показали, что сорта зерновых культур по-разному реагировали на внесение удобрений, и их применение способствовало значительному приросту урожая. В опыте на дерново-подзолистых почвах сравнивали эффективность различных сочетаний минеральных удобрений на урожайность 2-х сортов озимой пшеницы ППГ 186 и Мироновской 808. Полученные данные свидетельствовали о том, что при одних и тех же условиях Мироновская 808 превосходила намного сорт ППГ 186 по продуктивности (табл. 1).

Однако на выносе питательных веществ в расчете на 1 т урожая разница между сортами отразилась в меньшей степени. Вынос фосфора и калия отличался между обоими сортами.

Сорта более поздней селекции обеспечили получение более высокой урожайности озимой пшеницы, по которым получена двойная прибавка урожая как в контрольных вариантах, так и вариантах с внесением удобрений. При этом удельный вынос азота и калия заметно превосходил сорта более ранней селекции, а фосфора — только сортом Московская 56.

Аналогичные результаты были получены в опытах, проведенных на серых лесных почвах (табл. 2).

Таблица 1. Урожайность и вынос питательных веществ сортами озимой пшеницы на дерново-подзолистых почвах

Вариант	Урожайность, ц/га	Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт ППГ 186 (среднее за 1960–1967 гг.)				
Без удобрений	7.2	22.6	7.6	17.0
Известь 2.0 т	9.2	20.9	7.2	16.3
N60P60	21.7	21.1	8.1	13.8
N60K60	12.2	26.3	8.2	19.7
P60K60	20.0	17.8	7.4	14.8
N60P60K60	21.7	21.4	6.9	14.4
Сорт Мироновская 808 (среднее за 1965–1968 гг.)				
Без удобрений	10.4	19.2	8.5	14.6
Известь 2.0 т	11.9	21.4	8.4	14.3
N60P60	22.9	21.6	8.3	13.1
N60K60	15.0	21.3	8.2	15.2
P60K60	22.0	18.9	8.8	13.9
N60P60K60	26.0	22.7	8.1	15.1
Сорт Московская 39 (среднее за 2017–2019 гг.)				
Без удобрений	21.8	26.3	8.3	20.6
N120K90	35.8	26.9	9.0	19.5
N120P60K90	50.2	26.7	9.3	18.5
N120P60K90 + Zn	55.0	26.1	9.4	17.5
Сорт Московская 56 (среднем за 2017–2019 гг.)				
Без удобрений	27.7	30.6	11.7	23.8
Навоз 50 т/га	36.1	27.6	11.4	23.7
Навоз + N80P30K30	48.1	30.9	11.1	25.1
ОМУ + N50	43.6	32.5	10.6	21.5

В опыте агрохимической службы эффективность удобрений, внесенных под сорт Мироновская 808 обеспечили получение достаточно высокой прибавки урожая на известкованной и известкованной почве. Максимальная урожайность составила 37.4 ц/га. Наиболее высокий сбор зерна сорта Московская 39 (34.8 ц/га) отмечен при внесении N30, в контроле – 23.4 ц/га, т.е. значительно больше по сравнению с сортом Мироновская 808.

Вместе с тем следует отметить, что удельный вынос элементов питания несколько отличался от данных, полученных в опытах на дерново-подзолистых почвах. Вынос азота и калия сортом Московская 39 оказался несколько меньше, чем Мироновский 808, фосфора – превышал.

В опытах, проведенных на типичных черноземах, сравнивали эффективность применения минеральных удобрений под озимую пшеницу современного сорта Льговская 4 со старым сортом Мироновская 808. Результаты исследования показали, что пшеница сорта Льговская 4 лучше отзывалась

на внесение удобрений. Прибавка урожайности в зависимости от варианта составила 7.5–11.3 ц/га, тогда как прирост урожая сорта Мироновская 808 достигал только 1.9–3.9 ц/га (табл. 3, 4).

Сорт Льговская 4 имел также преимущество в варианте без удобрений, его урожайность составила 3.7 т/га, что на 1.4 т/га больше, чем даже в удобренных вариантах выращивания сорта Мироновская 808.

Действие фосфорных удобрений на растения обоих сортов оказалось невысоким, поскольку содержание подвижного фосфора в черноземах и каштановых почвах относилось к категории повышеннообеспеченных и высокообеспеченных, где, по данным ВНИИА, эффект от внесения фосфора приближался к нулевой отметке [14]. Малоэффективно было также внесение калийных удобрений под оба сорта озимой пшеницы, т.к. степень обеспеченности почвы опытных участков подвижным калием была достаточно высокой.

Таблица 2. Урожайность и вынос питательных веществ сортами озимой пшеницы на серых лесных почвах

Вариант	Урожайность, ц/га	Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт Мироновская 808 (среднее за 1971–1979 гг.)				
Без извести				
Без удобрений	9.7	31.4	9.4	16.7
Навоз 60 т/га	11.5	26.7	9.7	15.1
Навоз + N45P45K45	18.2	29.2	9.1	13.4
Навоз + N90P90K90	21.9	32.7	9.2	15.0
Навоз + N120P120K120	24.9	31.8	9.7	16.9
Известь 6 т/га				
Без удобрений	13.1	29.4	7.0	15.9
Навоз 60 т/га	15.7	27.1	8.6	13.5
Навоз + N45P45K45	20.8	31.2	9.2	18.2
Навоз + N90P90K90	23.8	30.9	10.4	16.6
Навоз + N120P120K120	27.4	32.8	10.5	18.3
Сорт Московская 39 (среднее за 2017–2019 гг.)				
Без удобрений	23.4	26.3	11.4	12.1
БДП500 + Б2П501	28.0	25.9	11.0	10.8
БДП + экстрасол	26.4	25.7	12.0	13.2
N30 (N _м)	34.8	25.8	10.5	10.8
N30 (N _{аа})	34.6	27.0	11.4	12.3
Бисолбисан	31.5	27.9	12.4	13.0
Альбит	28.4	27.7	12.5	13.4
V417	28.7	27.3	11.8	12.3
ОМУ	28.1	28.4	11.6	12.5

Таблица 3. Урожайность и вынос питательных веществ урожаями различных сортов озимой пшеницы на черноземах типичных

Вариант	Урожайность, т/га	Вынос, кг/т		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт Мироновская 808 (среднее за 1982—1984 гг.)				
Без удобрений	2.3	29.0	9.7	21.5
P60K60	2.7	26.9	10.0	21.0
N60P60K60	2.9	27.8	9.9	21.8
N90P60K60	3.0	29.1	9.8	22.0
N120P60K60	3.0	29.0	9.6	21.4
N60K60	2.8	26.8	9.6	21.3
N60P90K60	2.9	28.7	9.6	19.8
N60P60	3.0	25.6	9.1	21.3
N60P60K90	3.5	25.9	9.7	19.6
N60P60K120	3.3	28.7	9.6	20.1
Сорт Льговская 4 (средне за 2016—2018 гг.)				
Без удобрений	3.7	21.9	6.6	9.6
P60K60	3.9	21.8	7.5	5.6
N60P60K60	4.9	24.6	8.6	5.2

Таблица 3. Окончание

Вариант	Урожайность, т/га	Вынос, кг/т		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N90P60K60	4.7	20.9	8.1	4.2
N120P60K60	5.0	28.2	7.7	5.6
N60K60	5.1	22.0	8.4	8.3
N60P30K60	5.2	28.2	8.0	10.5
N60P90K60	4.5	17.1	7.9	9.0
N60P60	4.6	20.7	8.6	8.6
N60P60K30	4.6	21.0	7.3	9.1
N60P60K90	4.5	24.2	7.4	9.8
N60P60K120	4.5	24.5	7.3	13.5

Таблица 4. Урожайность и вынос питательных веществ сортами озимой пшеницы на каштановых почвах

Вариант	Урожайность, ц/га	Вынос урожая зерна с учетом соломы, кг/т		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт Донская остистая (среднее за 1988–1990 гг.)				
Без удобрений	17.8	33.7	8.1	28.1
P30	19.2	35.9	9.2	27.4
P60	19.6	34.4	9.3	25.8
P90	20.3	34.9	9.5	26.7
N30	18.0	36.1	9.1	28.3
N30P30	18.9	35.0	9.0	28.3
N30P90	19.5	35.4	9.5	28.2
N30P60	20.0	36.3	9.4	29.5
N60P60	19.6	35.7	9.2	33.9
N30P60K30	21.4			

Все это нашло соответствующее отражение в потреблении и выносе питательных веществ урожаями обоих сортов озимой пшеницы. Согласно полученным данным, удельный вынос азота сортом Мироновская 808 в среднем значительно превосходил сорт Льговская 4. Аналогичные результаты отмечены также для выноса фосфора и калия 1 т урожая. При этом наиболее существенный эта разницы была по содержанию K₂O (табл. 3).

Следует также отметить, что сорт Льговская 4 несколько лучше реагировал на увеличение доз калия, способствуя возрастанию его выноса с 42 до 61 кг/га, тогда как изменений потребления калия сортом Мироновская 808 не отмечено. Аналогичные данные получены также и для удельного выноса K₂O.

Данные, полученные в опытах с яровым ячменем, свидетельствовали также о том, что урожайность современных сортов превосходила сбор зерна сортов более раннего периода селекции.

Это проявилось на дерново-подзолистых и серых лесных почвах, черноземах выщелоченных и на светло-каштановых почвах (табл. 5–7).

Например, на дерново-подзолистой почве урожайность сорта Московский 121 в контрольном варианте составила 1.3 т/га, сорта НУР – 2.5 т/га. Внесение под них минеральных удобрений обеспечило увеличение урожая в обоих случаях в 2 раза, но при этом прибавка, полученная с использованием современными сортами, также в 2 раза превосходила аналогичные показатели сорта Московский 121, а урожайность сортов Московского 2, НУРа и Эльфа значительно ее превышала.

Вынос элементов питания 1 т урожая увеличивался за счет внесения азотных удобрений. Вместе с тем это увеличение в меньшей степени касалось сорта Московский 121, поскольку дозы азота в данном случае составили 50–90 кг N/га, а под современные сорта варьировали от 60 до 150 кг N/га, что повлекло за собой увеличение удельного выноса

Таблица 5. Урожайность и вынос питательных веществ сортами ярового ячменя на дерново-подзолистых почвах

Вариант	Урожайность, т/га	Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт Московский 121 (среднее за 1970—1972 гг.)				
Без удобрений	1.3	23.8	10.3	23.6
N60P60K60 ФМ	2.1	25.2	9.5	21.8
N60P60K60 НФК	2.1	23.3	9.0	20.2
N60P60K60 смесь	2.3	23.2	9.4	20.5
N60P60K60 смесь	2.0	25.6	9.1	21.1
N60P60K60 смесь	2.2	29.3	9.7	20.7
Сорт Московский 121 (среднее за 1974—1976 гг.)				
Без удобрений	2.3	18.3	5.3	6.8
N60P60	2.4	24.2	6.0	7.3
N60K60	2.4	25.3	6.0	10.3
P60K60	2.7	21.9	7.0	10.1
N60P60K60	2.7	21.6	6.1	9.4
N50P60K60	2.5	25.4	6.7	9.7
N90P30K60	2.1	30.8	7.1	17.3
N60P30K60	2.1	28.5	6.5	11.2
N90P90K60	2.1	27.8	7.5	11.9
N90P60K60	2.1	27.9	7.2	12.5
N60P60K30	2.5	26.5	6.8	12.4
N60P60K90	2.2	28.5	7.9	10.5
Сорт Московский 2 (среднее за 2015—2017 гг.)				
Без удобрений	2.2	21.4	13.4	16.5
N60P80K60	3.4	22.3	15.2	19.3
N90P80K60	4.6	25.8	14.8	19.5
N120P120K120	4.9	33.5	15.0	28.4
N150P150K150	4.9	43.5	17.7	31.2
Сорт НУР (среднее за 2015—2017 гг.)				
Без удобрений	2.9	17.9	10.5	10.1
N60P80K60	4.1	20.0	10.6	14.3
N90P90K60	4.9	22.7	12.2	14.8
N120P120K120	6.0	29.5	13.3	22.2
N150P150K150	6.2	31.6	15.2	22.6
Сорт Эльф (среднее за 2016—2018 гг.)				
Без удобрений	2.8	18.6	10.5	13.4
N60P80K60	3.9	21.0	11.1	15.7
N90P80K60	4.7	24.0	11.6	16.5
N120P120K120	6.2	27.3	13.3	23.1
N120P120K150	6.4	34.5	13.4	24.4

Таблица 6. Урожайность и вынос питательных веществ сортами ярового ячменя на выщелоченных черноземах

Вариант	Урожайность, т/га	Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт Вальтицки (средне за 1974–1977 гг.)				
Без удобрений	2.1	20.5	9.0	15.2
P65K60 (фон 1)	2.3	20.9	9.1	15.7
Фон 1 + N35	2.5	20.8	8.4	15.6
Фон 1 + N65	2.5	21.6	8.8	16.0
Фон 1 + N95	2.6	21.2	8.8	16.2
N65K60 (фон 2)	2.3	20.4	9.1	14.8
Фон 2 + P35	2.3	21.7	9.1	16.5
Фон 2 + P65	2.4	21.7	9.2	15.4
Фон 2 + P80	2.7	22.6	8.9	15.6
N65P65 (фон 3)	2.3	20.9	9.1	15.6
Фон 3 + K30	2.3	20.0	9.1	16.1
Фон 3 + K60	2.4	21.3	8.3	15.8
Фон 3 + K90	2.5	21.6	9.2	19.2
Сорт Дворан (среднее за 1976–1978 гг.)				
Без удобрений	2.3	20.4	10.4	16.1
P90K83 (фон 1)	2.5	21.6	10.8	16.8
Фон 1 + N30	2.7	20.7	10.4	17.4
Фон 1 + N60	2.8	22.1	10.7	16.8
Фон 1 + N90	2.9	22.0	10.7	18.6
N90K90 (фон 2)	2.6	21.1	10.8	16.2
Фон 2 + P30	2.7	21.9	10.0	16.7
Фон 2 + P60	2.8	22.5	10.7	16.8
Фон 2 + P90	2.8	22.5	11.1	18.6
N90P60 (фон 3)	2.7	21.5	10.3	16.7
Фон 3 + K30	2.7	22.6	10.7	16.7
Фон 3 + K60	2.8	22.1	11.1	17.1
Фон 3 + K90	2.9	22.8	10.3	17.2
Сорт Саншайн (среднее за 2015–2017 гг.)				
Без удобрений	2.3	20.0	13.0	17.4
P60K60 (фон 1)	3.7	19.5	12.2	16.8
Фон 1 + N30	4.1	19.0	11.7	17.1
Фон 1 + N60	4.2	20.5	12.1	19.8
Фон 1 + N90	4.7	21.7	12.3	20.2
Фон 1 + N120	4.5	25.3	13.1	24.6
N60K60 (фон 2)	4.0	20.5	11.5	18.5
Фон 2 + P30	4.6	20.4	11.7	19.8
Фон 2 + P60	4.2	20.4	12.1	19.8
Фон 2 + P90	4.6	22.0	12.0	18.7
Фон 2 + P120	4.6	24.8	12.2	19.1
N60P60 (фон 3)	3.7	21.1	13.2	18.1
Фон 3 + K30	4.3	20.5	11.9	18.6
Фон 3 + K60	4.2	20.5	12.1	19.8
Фон 3 + K90	4.4	20.7	11.8	18.4
Фон 3 + K120	5.1	20.6	11.4	19.2

Таблица 7. Урожайность и вынос питательных веществ ячменем яровым на светло-каштановых почвах

Вариант	Урожайность, т/га	Вынос, кг/т		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт Простор (среднее за 1988–1990 гг.)				
Без удобрений	2.4	21.6	9.9	26.1
P10	2.5	21.0	9.8	25.5
N30	2.9	23.3	9.2	30.3
P60	2.5	21.3	11.1	26.4
N30P60	2.3	24.1	9.8	29.7
N30P90	2.4	25.0	10.4	31.7
N30P60K30	2.4	24.6	10.9	32.5
Сорт Одесский 111 (среднее за 1984–1987 гг.)				
Без удобрений	1.5	25.9	9.2	18.5
P30	1.6	25.6	8.8	18.4
P60	1.7	24.3	9.0	19.3
P90	1.8	28.7	9.9	22.6
N30	1.7	26.3	8.2	21.0
N30P30	1.7	27.6	9.3	22.3
N30P90	1.7	28.1	9.2	23.5
N60P60	1.8	30.4	9.2	23.2
N30P60K30	1.7	26.1	8.5	23.0
Сорт Странник (среднее за 2016–2020 гг.)				
Без удобрений	2.7	23.8	8.2	14.3
N30	3.2	24.8	8.2	11.9
N30P30	3.2	23.8	8.8	12.5
N30P60	3.2	23.9	8.7	12.8
P30	2.9	24.8	8.6	13.0
N60P30	3.3	24.2	8.3	12.8
N60	3.2	25.4	8.2	15.4
N60P60	3.3	25.0	8.3	13.8
P60	3.0	24.8	9.2	13.8

этого элемента в 1.5–2.0 раза и составило 31.6–43.5 кг N/т.

В определенной мере увеличение доз фосфорных и калийных способствовало увеличению выноса 1 т продукции фосфора в 1.3–1.4 раза, калия – в 1.8–2.2 раза.

На выщелоченных черноземах прибавка урожая от применения минеральных удобрений под более ранние сорта Вальтички и Дворан были невысокими, а урожайность в контроле составила 2.1–2.3 т/га, включая и районированный сорт Саншайн (табл. 7). Однако при этом сорт Саншайн лучше реагировал на внесение минеральных удобрений, что позволило получить в вариантах с внесением NPK по 4.5–5.1 т зерна ячменя/га. При этом наибольший прирост урожайности отмечали в вариантах с азотными удобрениями. Применение минеральных удобрений мало отразилось

на величине удельного выноса питательных веществ, если не считать некоторого увеличения выноса P₂O₅ сортом Саншайн в отдельных вариантах.

Сравнение этих данных с нормативами выноса элементов питания показало, что вынос азота оказался на 2 кг меньше нормативного, фосфора – больше на 2.1 кг, калия – таким же [1].

Результаты опытов, проведенных в засушливых условиях на светло-каштановых почвах республики Калмыкия, свидетельствовали о том, что установленная закономерность в этом случае также сохранилась, но лишь с той разницей, что действие минеральных удобрений проявилось в меньшей степени по сравнению с описанными ранее. С одной стороны, это можно объяснить погодными условиями, с другой – меньшими дозами удобрений [15, 16].

Тем не менее, разница в урожайности изученных сортов ячменя оказалась достаточно

ощутимой, особенно в вариантах, где были применены минеральные удобрения. Например, в варианте с внесением N30 прибавка урожайности сортов Простор и Одесский 11 составила 0.3 т/га, тогда как сорта Странник – 0.5 т/га, общая урожайность соответственно 2.0 и 2.7 т/га (табл. 7).

Вынос азота в расчете на 1 т ячменя во всех опытах имел тенденцию к увеличению в вариантах с применением удобрений, но несмотря на это полученные величины не превышали норматив для сухостепной зоны Поволжья за исключением отдельных показателей (табл. 7). Вынос фосфора сортами Простор и Одесский 11 в большинстве вариантов несколько превышал норматив, тогда как вынос P₂O₅ сортом Странник оказался немного меньше нормативного, исключая вариант P60.

Вынос калия заметно отличался между испытанными сортами ячменя. Наибольшее количество этого питательного элемента выносил сорт Простор, оно варьировало от 25.5 до 32.5 кг/т, значительно больше норматива (21.7 кг/т). Вынос K₂O сортом Странник менялся в пределах 11.9–15.4 кг/т, что было намного меньше нормативного показателя [1].

В отечественной агрохимической литературе имеется много сведений о выносе питательных

веществ урожаями сельскохозяйственных культур. Немалое внимание при этом обращали на вынос элементов питания яровой пшеницей, т.к. ее возделывали и сейчас возделывают на большей территории страны [17–19]. Существует ряд работ прошлого столетия обобщающего характера, в которых рассматривали изменения выноса питательных веществ в зависимости от почвенно-климатических условий и удобрений [20]. Эти данные свидетельствовали о том, что в пределах Европейской территории России установлена определенная закономерность увеличения выноса азота яровой пшеницей при перемещении от дерново-подзолистых почв к лесостепной, степной и сухостепной зонам. При этом удельный вынос этого питательного элемента возрастал как в вариантах без удобрений, так и с их внесением (табл. 8), т.е. с продвижением с севера на юг увеличивался вынос азота зерном яровой пшеницы при адекватном снижении прибавки урожая от азотных удобрений.

Результаты наших исследований на дерново-подзолистых почвах показали, что вынос азота сортом Ладе изменился незначительно под действием удобрений, тогда как у сортов Маргарита и Любава наблюдался определенный прирост выноса не только данного элемента, но также фосфора и калия (табл. 9). Урожайность при этом

Таблица 8. Вынос азота яровой пшеницей на почвах Европейской территории России, кг/т зерна с соответствующим количеством соломы [20]

Почвы	Без удобрений	NPK
Дерново-подзолистые	2.55	3.04
Выщелоченные черноземы	3.21	3.82
Обыкновенные и южные черноземы	3.93	4.02
Каштановые	4.36	5.06

Таблица 9. Урожайность и вынос питательных веществ сортами яровой пшеницы на дерново-подзолистых почвах

Вариант	Урожайность, т/га	Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг/т		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт Ладе (среднее за 1976—1978 гг.)				
Без удобрений	0.9	30.1	3.6	18.2
P80K60	1.0	31.5	4.6	21.3
N60P60K60	1.1	31.7	4.2	20.2
Сорт Маргарита (среднем за 2016—2018 гг.)				
Без удобрений	1.6	24.7	5.3	24.3
N120P90K90	2.4	28.8	5.7	25.8
N120P90K90 + Se60	2.6	34.4	6.4	32.7
Сорт Любава (среднем за 2018—2020 гг.)				
Без удобрений	1.7	31.8	9.0	22.4
N60	2.0	35.6	8.8	21.4
N90	2.4	33.7	8.9	21.5
N120	2.6	33.2	8.5	22.2

Таблица 10. Урожайность и вынос питательных веществ сортами яровой пшеницы на серых лесных почвах

Вариант	Урожайность, т/га	Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Сорт Скала (среднем за 1977–1980 гг.)				
Без удобрений	1.9	28.7	6.0	20.4
P60K60	1.9	27.5	6.6	20.2
N60K60	2.2	31.8	6.6	20.8
N60K60	2.1	30.3	6.4	20.1
N60P60K60	2.4	30.0	6.0	19.9
Сорт Симбирцит (среднее за 2015–2017 гг.)				
Без удобрений	2.6	27.5	2.7	12.4
P60K60 (фон 1)	3.1	26.3	2.8	12.9
Фон 1 + N30	3.1	26.6	3.0	16.9
Фон 1 + N60	3.5	30.2	3.2	14.5
Фон 1 + N90	3.6	30.2	3.2	16.5
Фон 1 + N120	3.7	32.2	3.1	14.6
Сорт Экада (среднее за 2016, 2018–2019 гг.)				
Без удобрений	2.2	33.7	7.2	20.8
N120P90K90	3.0	41.4	8.0	33.0
N120P90K90 + Se60	3.2	42.6	7.8	26.8

существенно возрастала в контроле и при внесении удобрений.

В опытах на серых лесных почвах получены аналогичные данные, но при этом урожайность яровой пшеницы в данном случае намного превышала таковую, полученную на дерново-подзолистых почвах. Это относится ко всем вариантам (табл. 10).

Вынос азота сортами Скала и Экада различался незначительно, а сортом Симбирцит превышал их показатель. Вынос фосфора заметно различался между сортами и вынос элемента сортом Экада превышал остальные, причем сорт Симбирцит — в 2 раза. Величиной выноса калия также выделялся сорт Симбирцит, у которого содержание K₂O в 1 т зерна с учетом соломы в 1.5 раза было меньше, чем у сортов Скала и Экада, а также среднероссийского норматива — 20.1 кг/т [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования свидетельствовали о том, что сортовые особенности зерновых культур оказывают большое влияние на урожайность. Это касается всех культур, с которыми были проведены соответствующие наблюдения. Вместе с тем следует отметить, что сортовые особенности этих культур оказывают меньшее воздействие на удельный вынос питательных веществ. Наибольшее существенное влияние на этот процесс оказывают азотные удобрения, т.к. в большинстве рассмотренных опытов отмечено увеличение

выноса азота вследствие внесения азотных удобрений зерном озимой пшеницы сортов Мироновская 808 и Московская 56, возделываемых на дерново-подзолистых почвах, сорта Льговская 4 — на типичных черноземах.

Все представленные сорта ярового ячменя в большей степени реагировали при внесении удобрений повышением выноса элементов питания на дерново-подзолистых почвах. Наиболее заметно такие изменения коснулись современных сортов [21]. В опытах на черноземах выщелоченных отмечено незначительное увеличение выноса при внесении азота в дозе N120 [7]. Похожая закономерность отмечена для сорта Странник на каштановой почве [15]. Значительным выносом азота выделялись сорта Маргарита, Симбирцит и Экада. Первый из них выращивали на дерново-подзолистой почве, второй и третий — на серых лесных почвах.

Вынос фосфора в меньшей степени изменялся под влиянием сорта, тем не менее наиболее заметное его увеличение отмечено у сорта Московская 56 на дерново-подзолистой почве и Льговская 39 на серой лесной почве. В то же время вынос P₂O₅ сортом Льговская 4 оказался меньше по сравнению с Мироновской 808 на типичном черноземе.

Современные сорта ярового ячменя характеризовались заметным увеличением удельного веса выноса азота по сравнению с ранее районированными сортами. Районированный в настоящее время сорт Саншайн заметно превосходил сорта

Вальтички и Дворан, которые возделывали в прошлом тысячелетии.

Удельное потребление калия также различалось между изученными сортами озимой пшеницы. Вынос K_2O сортами Московская 39 и Московская 56 существенно превосходил аналогичные показатели сортов ППГ 186 и Мироновская 808 на дерново-подзолистых почвах. На серых лесных почвах вынос калия сортом Московская 39 оказался меньше по сравнению с сортом Мироновская 808. Похожие данные получены также на типичных черноземах.

Вынос калия сортом ячменя Московский 121 в опыте в 1970–1972 гг. в 2 раза превышал показатели опытов более поздних лет. Вероятно, погодные условия могут оказать существенное влияние на потребление калия растениями. Современные сорта ячменя также различались по величине выноса калия. При этом отмечено, что вынос этого элемента всеми сортами возрастал при увеличении доз калийных удобрений. Между вариантами, в которых не вносили калий и с применением его наибольшей дозы в удобрениях разница в выносе элемента была двукратной. В опытах на выщелоченных черноземах применение калийного удобрения в меньшей степени способствовало увеличению удельного выноса калия. Наиболее заметно это проявилось на сорте Саншайн, районированном в настоящее время. На светло-каштановых почвах подобная закономерность проявилась у сортов Простор и Одесский 111 в вариантах, где удобрения были внесены в более высоких дозах.

Среди сортов яровой пшеницы по величине выноса калия выделялись сорта Маргарита и Экада, у которых вынос K_2O из почвы заметно возрастал при внесении калия и селена.

Таким образом, анализ представленного материала свидетельствовал о том, что сортовые особенности зерновых культур могут оказывать большое влияние на их урожайность и потребление питательных веществ, что вызывает необходимость продолжения исследований в данном направлении. Для более эффективного использования новых сортов нужна надежная нормативно-справочная база, привязанная к почвенно-агрохимическим условиям, которые оказывают влияние на потребление питательных веществ из почвы и удобрений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами. М.: ЦИНАО, 1991. 65 с.
2. Шафран С.А. Прогнозирование обеспеченности подвижными формами фосфора и калия почв Нечерноземной зоны // Агрохимия. 1997. № 5. С. 5–12.
3. Шафран С.А. Прогноз содержания фосфора и калия в почвах Центрального района Нечерноземной зоны // Агрохимия. 2006. № 9. С. 5–12.
4. Иванова О.М. Оценка влияния азотных удобрений на продуктивность сортов озимой пшеницы на типичном черноземе // Агрохим. вестн. 2012. № 5. С. 44–45.
5. Сорокин А.И. Удобрение озимой пшеницы в условиях Калмыцкой АССР // Агрохимия. 1987. № 9. С. 45–48.
6. Сорокин А.И. Влияние минеральных удобрений на питательный режим почвы под зерновыми культурами и урожай зерна // Бюл. научн.-техн. информ. Элиста: Калмыцкий НИИМС, 1989. Вып. 1. С. 40–47.
7. Бабунов А.Б. Сравнение эффективности применения минеральных удобрений на сортах ярового ячменя различных периодов селекции // Плодородие. 2017. № 4. С. 22–24.
8. Бабунов А.Б., Бадин А.Е. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество ярового ячменя Саншайн, а также вынос элементов питания // Достиж. науки и техн. АПК. 2018. Т. 32. № 8. С. 32–34.
<https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10808>
9. Иванова О.М. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество различных сортов озимой пшеницы на типичном черноземе Тамбовской области // Вестн. Мичуринск. ГАУ. Мичуринск-наукоград РФ. 2012. № 4. С. 49–54.
10. Волков А.В. Отзывчивость яровой пшеницы сорта Злата на применение цинковых удобрений в центральном Нечерноземье // Сб. докл. Молод. ученых, специалистов-агрохимиков и экологов на Международ. конф. “Агроэкологические основы применения удобрений в современном земледелии”. М.: ВНИИА, 2014. С. 44–48.
11. Аристархов А.Н., Бусыгин А.С., Яковлева Т.А. Эффективность применения различных способов и доз селеновых удобрений под яровую пшеницу в почвенно-климатических условиях Северо-Восточного Нечерноземья // Международ. сел.-хоз. журн. 2018. № 2. С. 38–44.
12. Кирпичников Н.А., Бижан С.П. Влияние фосфорных и цинковых удобрений в зависимости от известкования дерново-подзолистой почвы на урожай и качество зерна озимой пшеницы // Агрохим. вестн. 2020. № 3. С. 41–45.
13. Кирпичников Н.А., Бижан С.П., Морачевская Е.В. Влияние фосфорных удобрений на качество зерна озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при известковании дерново-подзолистой почвы // Пробл. агрохим. и экол. 2019. № 3. С. 31–33.

14. Шафран С.А. Научные основы и современные методы определения доз применения минеральных удобрений. М.: ВНИИА, 2022. 236 с.
15. Музраев В.Н. Эффективность применения минеральных удобрений на посевах ярового ячменя в сухостепной зоне республики Калмыкия // Мат-лы 52-й Международ. научн. конф. молод. ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвящ. 200-летию проф. Я.А. Линовского "Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства". М., 2018. С. 140–142.
16. Музраев В.Н., Сычев В.Г., Виноградова С.Б., Муравьева О.А. Влияние агрометеорологических условий и удобрений на урожай ярового ячменя в сухостепной зоне Калмыкии // Агрохим. вестн. 2019. № 4. С. 39–43.
<https://doi.org/10.24411/0235-2516-2019-10057>
17. Семенова Е.А., Афанасьев Р.А. Эффективность применения удобрений под яровую пшеницу в условиях Уральского региона // Плодородие. 2018. № 6 (105). С. 2–4.
18. Нестеренко В.А., Лапушкин В.М. Влияние обеспеченности почв подвижным фосфором и доз азотных удобрений на формирование урожая и качества яровой пшеницы // Агрохим. вестн. 2021. № 1. С. 38–42.
19. Сычев В.Г., Мерзлая Г.Е., Волошин С.П., Панкратенкова И.В. Биологическая активность почвы и урожайность яровой пшеницы при использовании органических и минеральных удобрений // Плодородие. 2016. № 6. С. 2–4.
20. Петербургский А.В., Аникст Д.М. Вынос питательных веществ зерновыми культурами в разных почвенно-климатических зонах // Агрохимия. 1973. № 2. С. 144–150.
21. Тованчев И.В., Кирпичников Н.А. Эффективность применения фосфорных удобрений в посевах ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта Нур на дерново-подзолистой почве с различной степенью окультуренности // Пробл. агрохим. и экол. 2018. № 1. С. 34–37.

Effect of Variety on Nutrient Intake and Nutrient Removal by Cereals

S. A. Shafran^{a, #}, S. B. Vinogradova^a

^a Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry,
ul. Pryanishnikova 31a, Moscow 127550, Russia

[#] E-mail: shafran38@mail.ru

The results of field experiments are presented, in which the influence of varietal characteristics of grain crops of different breeding periods on the effectiveness of using mineral fertilizers for them on various soils was studied. Special attention was paid to the specific removal of nutrients, which means the consumption of nitrogen, phosphorus and potassium of 1 ton of grain harvest with an appropriate amount of straw. The results of the experiments showed that the studied varieties responded differently to the application of fertilizers. Almost all modern varieties provided higher yields compared to previously zoned ones. The Mironovskaya 808 winter wheat variety on sod-podzolic soil was almost 2 times inferior to the Moskovskaya 39 variety and 1.7 times inferior to the Lgovskaya 4 variety on leached chernozems when applying the same dose of NPK. Similar data were also obtained for spring barley of the Moskovsky 121 variety and NUR and Elf varieties on sod-podzolic soils, where when N60P60K60 was applied, a yield of 2.7 t/ha was obtained in the first case and 4.9 and 4.7 in the second. Identical results were also observed on leached chernozems and light chestnut soils. In experiments with spring wheat, the result was the same, but the yield of this crop was lower compared to winter wheat and spring barley. The varieties of the studied cereals reacted to a lesser extent to changes in the specific removal of nutrients, and the data obtained did not show a sufficiently clear pattern, which necessitates continued research in this direction.

Keywords: cereals, varieties, yield, nutrient removal.