

*На правах рукописи*

УДК 631.8:633.256

**Музраев Виктор Николаевич**

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ И СОЧЕТАНИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ  
УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В  
СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ**

**Специальность 06.01.04 – агрохимия**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

**Москва 2022**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»

**Научный руководитель:**

**Сычев Виктор Гаврилович**

доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор, академик РАН

**Официальные оппоненты:**

**Шевченко Виктор Александрович**

доктор сельскохозяйственных наук,  
профессор, член-корр. РАН, ФГБНУ  
«Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова, директор

**Бортник Татьяна Юрьевна**

доктор сельскохозяйственных наук,  
доцент, ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», кафедра агрохимии, почвоведения и химии, заведующая кафедрой

**Ведущая организация:**

ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»

Защита диссертации состоится «26» мая 2022 г. в 16.00 часов на заседании диссертационного совета Д 006.029.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова». Адрес: 127434, Москва, ул. Прянишникова, 31а. С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» на сайте:

[https://vniia-r.ru/upload/iblock/328/muzraev\\_diss\\_01\\_03\\_2022.pdf](https://vniia-r.ru/upload/iblock/328/muzraev_diss_01_03_2022.pdf)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим направлять по адресу: 127434, Москва, ул. Прянишникова, 31а, ученому секретарю диссертационного совета.

E-mail: [dissovet\\_vniia@mail.ru](mailto:dissovet_vniia@mail.ru)

**Ученый секретарь  
диссертационного совета**

**Никитина Любовь Васильевна**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность.** Республика Калмыкия относится к зоне рискованного земледелия. Состояние зернового хозяйства республики таково, что для производства зерна на фуражные цели необходимо расширить посевы под более продуктивными сортами зерновых культур. К 2015 году Калмыкия находилась на 48 месте по производству ячменя (0,2%) от общего производства в стране, но на первом месте по наличию племенного скота. В зерновом клине республики ячмень составляет только 16,5% и 57% пшеница.

В девяностых годах прошлого столетия площади под посевами ярового ячменя варьировали от 254,2 до 272,4 тыс. га, то к 2018 году они составили 33,6 тыс. га. Производство сельскохозяйственной продукции невозможно без улучшения почвенного плодородия, которое постоянно истощается как из-за потерь при ветровой эрозии, так и вследствие невосполнимого выноса азота, фосфора и калия с урожаем.

Необходимость применения минеральных удобрений обусловлена в настоящее время тем, что в Калмыкии сложился отрицательный баланс питательных веществ и составил по азоту в 2016 году – 17,4 кг/га, по фосфору – 7,5 кг/га, калию – 18,2 кг/га, а в 2017 году по азоту – 19,1, фосфору – 7,1 и калию – 17,6 кг/га. В 2016 году в земледелии Калмыкии возмещалось в почву только 0,9 кг/га азота, а 2017 году – 0 кг/га.

Значительные резервы в повышении урожая и улучшение его качества содержатся в освоении новых агрохимических технологий, внедрение которых в конкретных почвенно-климатических зонах необходима комплексная оценка ее составных частей.

**Цель и задачи исследований.** Цель исследований – разработка приемов эффективного использования минеральных удобрений для повышения урожая и улучшения качества зерна ярового ячменя на светло-каштановой почве в сухостепной зоне республики Калмыкия.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- выявить влияние минеральных удобрений на динамику основных питательных элементов в посевах ярового ячменя в 0-20 см слое почвы;
- установить влияние доз и соотношений элементов питания в удобрении на водный режим почвы;
- оценить влияние минеральных удобрений на элементы структуры урожая ячменя;
- изучить действие доз и соотношений элементов питания в удобрении на урожай ярового ячменя;

- провести оценку окупаемости минеральных удобрений и долевое их участие в формировании урожая;
- определить вынос питательных веществ с урожаем ярового ячменя;
- провести оценку показателей качества ярового ячменя в зависимости от доз и соотношений минеральных удобрений;
- определить экономическую и энергетическую эффективность применения минеральных удобрений.

**Научная новизна исследований.** В полевом опыте на светло-каштановой почве сухостепной зоны Калмыкии изучена эффективность азотных и фосфорных удобрений и их сочетаний при возделывании ярового ячменя сорта Странник. Установлено, что при среднем содержании подвижного фосфора и высоком калия в почве наибольшую эффективность проявляют азотные удобрения при одностороннем применении, а также при совместном с фосфорными.

Получены новые знания об эффективности удобрений в связи с коэффициентом водопотребления. Уточнены нормативы окупаемости удобрений прибавкой зерна, а также выноса 1 т урожая в условиях Калмыкии.

**Практическая значимость.** Полученные экспериментальные данные в полевом опыте по изучению эффективности удобрений позволяют скорректировать дозы азотных и фосфорных удобрений и их сочетаний при возделывании ярового ячменя интенсивного типа на светло-каштановых почвах в сухостепной зоне республики Калмыкия. Результаты исследований могут быть использованы в новых современных нормативах окупаемости удобрений на светло-каштановых почвах с учетом сортовых особенностей ярового ячменя.

Данные выноса азота, фосфора и калия 1 т. урожая являются необходимой базой для составления планов применения удобрений в технологиях возделывания ярового ячменя в конкретных почвенно-климатических условиях республики Калмыкия.

**Апробация работы и публикации.** Основные положения научно-квалификационной работы (диссертации) доложены и обсуждены на 51, 52, 53, 54-ой Международных научных конференциях молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов в 2017-2020 гг. По теме диссертации опубликовано 6 работ, в том числе 2 в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикаций результатов исследований соискателями ученых степеней.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из: введения, обзора литературы, 5 глав основной части, 32 таблицы, 19 рисунков, выводов, рекомендаций производству и 18 приложений. Диссертация изложена на 163

страницах компьютерного текста и включает в себя 253 источника литературы, в том числе 12 зарубежных авторов.

## 1. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 1.1 Условия проведения опытов и методика исследований

Исследования проводились в 2016-2018 г.г. на опытном участке Калмыцкого НИИ сельского хозяйства, расположенном на территории СПоК «Агро-Нива». Территория проведения исследований относится к умеренно аридной зоне, с индексом аридности  $NIA = 0,4-0,6$ . Это типичные условия центральной зоны республики, относящейся к полупустыне.

Погодные условия 2016 и 2017 г.г. сложились благоприятно для роста и развития ярового ячменя. За период вегетации растений в апреле-июне выпало 156 мм осадков в 2016 году, в 2017 году – 166 мм, при среднемноголетнем значении в данный вегетационный период – 95 мм. Средняя температура воздуха за период вегетации варьировала от 16,0 – в 2017 году до 18,5 – в 2016 году. ГТК в период вегетации апрель и июнь колебался от 0,2 до 0,7. В мае ГТК был от 1,8 до 2,5. Наибольшее количество осадков выпало в мае 2016 года – 96 мм, в 2017 – 122 мм. Иначе складывался вегетационный период 2018 года. Общее количество осадков составляло 19 мм за весь период вегетации. ГТК вегетационного периода был равен 0,2, что характеризует данный период как очень засушливый.

Почва опытного участка светло-каштановая, солонцеватая в комплексе с солонцами каштановыми средними солончаковатыми 10-25%, среднесуглинистые.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя (0-20 см) перед закладкой опыта: реакция почвенного раствора слабощелочная, рН 8,3-8,5, содержание фосфора по Мачигину 17-19 мг/кг почвы, обменного калия 325-370 мг/кг почвы, минерального азота 11,7-12,0 мг/кг почвы, ЕКО – 17,3-19,9 мг-экв/100 г почвы, содержание гумуса 1,28-1,42.

Культура – яровой ячмень (*Hordeum vulgare*) сорта Странник фуражного назначения со сроком вегетации – 68 дней.

Схема опыта включает девять вариантов: 1. Контроль, 2.  $N_{30}$ , 3.  $N_{30}P_{30}$ , 4.  $N_{30}P_{60}$ , 5.  $P_{30}$ , 6.  $N_{60}P_{30}$ , 7.  $N_{60}$ , 8.  $N_{60}P_{60}$ , 9.  $P_{60}$ .

Расположение делянок в опыте систематическое в два яруса. Повторность вариантов четырехкратная. Площадь опытной делянки (30м × 2,2м) – 66 м<sup>2</sup>, площадь учетной – 46,8 м<sup>2</sup> (26м × 1,8м).

Полевой опыт закладывался в соответствии с требованиями «Методики полевого опыта» (Б.А. Доспехов, 1985). Агротехника возделывания общепринятая для сухостепной зоны Калмыкии.

Норма высева – 3 млн. всхожих семян на один гектар. Удобрения в форме аммиачной селитры и аммофоса вносили весной вручную под предпосевную культивацию. Все предусмотренные программой наблюдения, учеты и анализы выполнены по соответствующим государственным стандартам и методикам, принятым в научных учреждениях. Уборку урожая проводили сплошным методом, поделяночно, прямым комбайнированием. Анализ образцов почвы и растений проводили в аккредитованной лаборатории аналитических исследований в ФГБУ Станция агрохимической службы «Калмыцкая». В образцах почвы определяли содержание нитратного азота – ГОСТ 26488-85 и аммонийного – ГОСТ 26489-85, содержание подвижного фосфора и обменного калия – ГОСТ 26205-91, содержание органического вещества по Тюрину – ГОСТ 26213-91, гранулометрический состав определяли по Качинскому,  $pH_{\text{вод}}$  – ГОСТ 26428-85, емкость поглощения – ГОСТ 17.4.4.01-84.

В растительных образцах азот и сырой протеин определяли по ГОСТу – 13496.4-93, фосфор – ГОСТ 26657-97, калий – ГОСТ 30504-97. Статистическая обработка полученных данных выполнена методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985) с использованием компьютерной программы STRAZ (Афанасьев, 2002).

## 1.2. Водный режим почвы

Особенностью водного режима светло-каштановых почв является непромывной тип увлажнения на фоне резко выраженного дефицита влажности воздуха, обусловленного сочетанием высоких летних температур и ограниченного количества атмосферных осадков, выпадающих в зоне и, часто, не полностью используемых на формирование урожая.

В годы исследования (2016-2017 гг.) выпало рекордное количество осадков. Так в мае, на который приходится основной этап развития растений, особые требования предъявляются к влагообеспечению почвы, выпало осадков в 3 раза превышающее среднемноголетнее значение.

Установлено, что в среднем за 2 года (2016-2017 гг.) (табл. 1) исследований в предпосевной период запасы продуктивной почвенной влаги составили 120,9-127,1 мм. В течение вегетации происходит резкое снижение запасов влаги. Суммарное водопотребление в среднем за 2016-2017 гг. минимально на контрольном варианте – 2399 м<sup>3</sup>/га.

Наиболее благоприятное воздействие минеральных удобрений на коэффициент водопотребления в среднем за два года отмечено на варианте N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>. В данном варианте затраты воды на 1ц зерна составили 58 м<sup>3</sup>, что привело к существенному увеличению урожая ярового ячменя – 43,7 ц/га. При

одностороннем внесении только азотного удобрения  $N_{30}$  показатель водопотребления увеличился на 3,5%, а при внесении  $N_{60}$  – 2,9%. Наибольшее суммарное водопотребление отмечено на варианте  $N_{30}P_{30}$  по сравнению с контролем оно увеличилось на 8,1%, а коэффициент водопотребления уменьшился по отношению к контрольному варианту на 7,6%. Коэффициенты водопотребления или затраты воды на 1 ц зерна по вариантам с фосфорным питанием  $P_{30}$  и  $P_{60}$  находились на уровне контрольного варианта, в то время как суммарное водопотребление было выше по сравнению с контролем, но не привело к существенному увеличению урожайности.

### 1. Водопотребление ярового ячменя в зависимости от применения минеральных удобрений (среднее за 2016-2017 гг.)

Вариант	Содержание влаги в слое почвы (0-100 см), мм		Осадки за период вегетации	Урожай зерна, ц/га	Суммарное водопотребление, м <sup>3</sup> /га	Коэффициент водопотребления, м <sup>3</sup> /ц
	В начале вегетации	В конце вегетации				
Контроль	121,7	41,8	160	36,1	2399	66
$N_{30}$	126,5	38,1		42,0	2484	59
$N_{30}P_{30}$	127,1	27,8		42,4	2593	61
$N_{30}P_{60}$	120,9	27,5		42,1	2534	60
$P_{30}$	123,1	35,1		37,7	2480	66
$N_{60}P_{30}$	124,2	28,1		43,1	2561	59
$N_{60}$	123,3	36,5		42,5	2468	58
$N_{60}P_{60}$	121,9	27,5		43,7	2544	58
$P_{60}$	126,8	30,6		39,0	2562	66

В 2018 году влагообеспеченность ярового ячменя перед севом была удовлетворительной. Начиная с фазы кущения и до фазы полной спелости, поступление осадков было полностью прекращено. Наблюдалась устойчивая сухая погода с повышенным температурным режимом, при этом ГТК равен нулю.

В результате исследований установлена корреляционная зависимость между урожайностью ярового ячменя и коэффициентом водопотребления ( $r = -0,94$ ). Водопотребление ярового ячменя находится в обратной зависимости от урожайности. Из полученных нами результатов опыта следует, что затраты воды при применении азотного питания и в сочетании с фосфорными уменьшались и наиболее благоприятно действовали на урожайность ярового ячменя.

## 2. Питательный режим почвы

### 2.1. Влияние минеральных удобрений на содержание азота в почве

Были проведены наблюдения за динамикой минерального азота в почве во время вегетации 2016-2018 гг. (табл. 2, Рис. 1).

#### 2. Динамика минерального азота в слое почвы (0-20 см) в зависимости от удобрений, мг/кг (среднее за 2016-2018 гг.)

Вариант	Фаза развития растений				
	Начало вегетации	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость
Контроль	12,8	8,5	7,6	6,5	5,3
N <sub>30</sub>	19,2	14,9	12,5	11,0	9,5
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>	23,4	18,0	16,3	13,7	11,9
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	25,1	18,8	16,2	13,5	11,8
P <sub>30</sub>	13,2	9,6	8,9	8,0	6,4
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	26,7	21,6	18,9	17,3	15,6
N <sub>60</sub>	25,2	20,2	17,4	15,4	14,0
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	26,9	20,0	17,5	16,2	14,5
P <sub>60</sub>	14,3	10,4	9,4	8,0	6,4

Усредненные запасы N-NO<sub>3</sub>+ N-NH<sub>4</sub> в почве на контрольном варианте в начале вегетации 12,8 мг/кг. Наблюдая за динамикой содержания нитратов в светло-каштановой почве по фазам развития ярового ячменя установлено, что не зависимо от доз и соотношений минеральных удобрений содержание минерального азота в почве снижается от периода кущения к фазе полной спелости. После окончания вегетации растений почва, удобренная N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> и N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>, имела остаток азота больше контроля в среднем на 9,2-10,3 мг/кг.

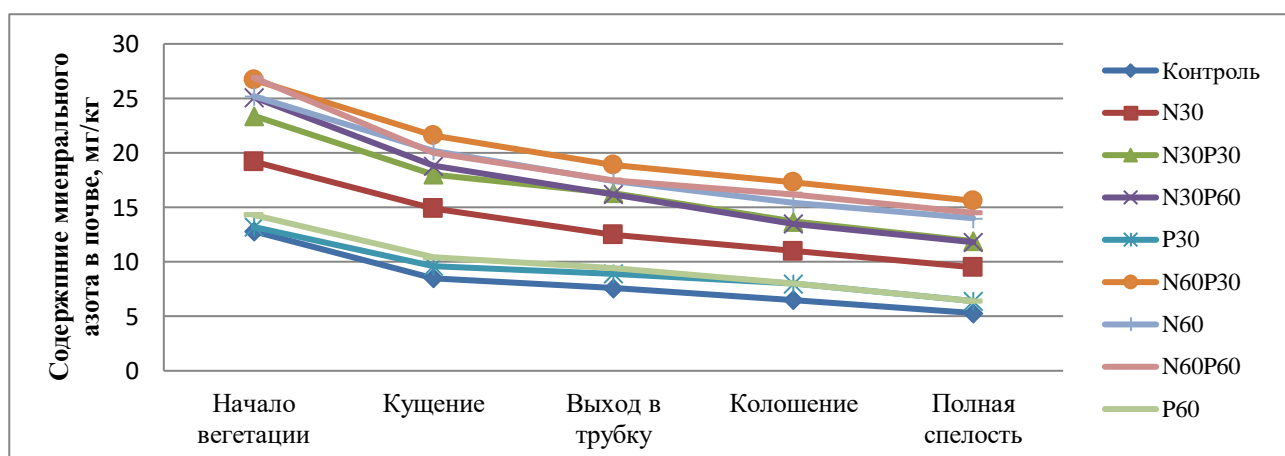


Рис. 1 Содержание минерального азота в среднем за 2016-2018 гг.



## 2.2. Влияние минеральных удобрений на содержание подвижного фосфора в почве

Ход динамики  $P_2O_5$  в течение вегетации каждого отдельного года исследований соответствовал усредненным за три года данных, причем больше всего  $P_2O_5$  отмечалось в период начала вегетации и меньше всего – в конце вегетации. Обеспеченность почвы фосфатами прямо зависела от увеличения дозы фосфорного удобрения. Содержание  $P_2O_5$  в почве на контрольном варианте на начало вегетации составило 20 мг/кг (табл. 3, Рис. 2).

### 3. Влияние минеральных удобрений на содержание подвижного фосфора в почве в среднем за 2016-2018 гг. исследования, мг/кг

Варианты	Фазы вегетации растений				
	Начало вегетации	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость
Контроль	20	18	15	13	11
N <sub>30</sub>	24	21	18	15	14
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>	32	30	23	20	17
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	39	34	28	23	20
P <sub>30</sub>	28	25	22	19	16
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	33	30	26	22	16
N <sub>60</sub>	24	19	17	16	12
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	39	33	29	24	20
P <sub>60</sub>	33	29	27	23	18

Отмечены различия в динамике  $P_2O_5$  почвы по фазам развития растений. Если на неудобренной почве при внесении P<sub>30</sub> и P<sub>60</sub> от начала вегетации до фазы выхода в трубку произошло снижение  $P_2O_5$  на 6 мг/кг, то по вариантам N<sub>30</sub>P<sub>60</sub> и N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> снижение содержания  $P_2O_5$  в почве составляет 11 и 10 мг/кг почвы. В конце вегетации ярового ячменя в почве на контроле содержание подвижного фосфора составляло 11 мг/кг – ниже, чем в предпосевное определение на 7 мг/кг по вегетационным годам. Удобрения способствовали повышению в сравнении с контролем остатку фосфатов: от 1 до 9 мг/кг (табл. 3).

При этом почва на контроле и на вариантах N<sub>30</sub> и N<sub>60</sub> перешла в группу «низкообеспеченной». Почва на остальных вариантах, как и в начале вегетации, осталась «среднеобеспеченной»  $P_2O_5$ . При чередовании увлажненных вегетационных годов и засушливых следует отметить, что в благоприятных по увлажнению 2016-2017 годах и засушливом 2018 году почва на вариантах N<sub>30</sub>-N<sub>60</sub> и P<sub>30</sub> характеризуется в фазу полной спелости как низкообеспеченная.

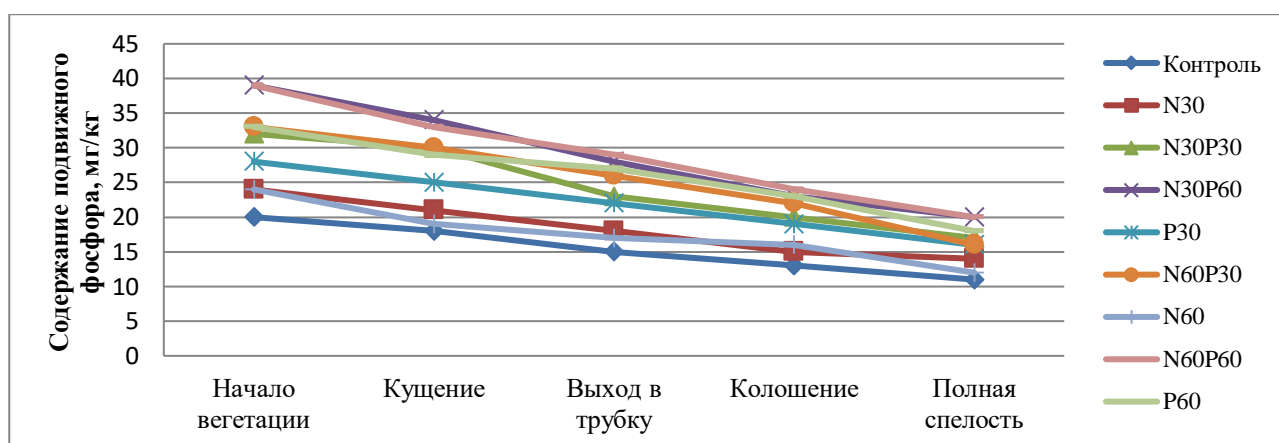


Рис. 2 Содержание подвижного фосфора в почве в среднем за 2016-2018 гг.

На вариантах  $P_{30}$ - $P_{60}$  и  $N_{60}P_{60}$ - $N_{30}P_{60}$  в 2016 году увеличение составило от 3 до 5 мг/кг почвы, в 2018 году – только на вариантах  $N_{60}P_{60}$  и  $N_{30}P_{60}$  увеличение составило от 3 до 4 мг/кг почвы по отношению к предпосевному периоду. В 2017 году, который характеризовался как влажный, увеличение запаса фосфора ни на одном варианте по отношению к предпосевному периоду не наблюдалось. Возможно, это было связано с экстремальным количеством выпавших осадков в фазу выхода в трубку.

### 2.3. Влияние минеральных удобрений на содержание обменного калия в почве

Эффективность калийных удобрений во всех климатических зонах, как правило, ниже, чем азотных или фосфорных, однако важно учитывать, что, наряду с повышением урожайности, он в значительной мере определяет качество растительной продукции.

Светло-каштановые почвы высоко обеспечены калием. Несмотря на колебания обменного калия по фазам развития, к фазе полной спелости сохраняется обеспеченность почвы калием на высоком уровне (рис. 3).

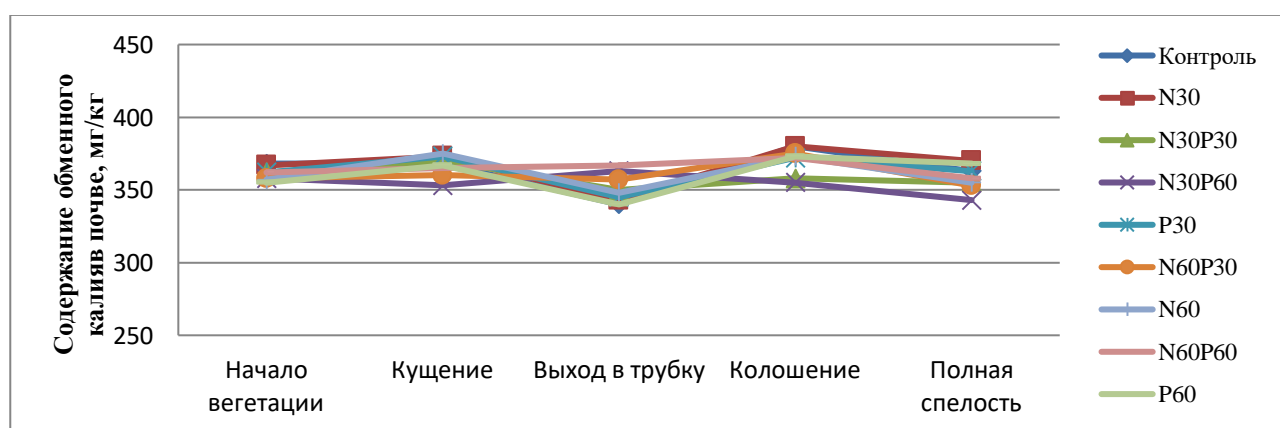


Рис. 3 Содержание обменного калия в почве в среднем за 2016-2018 гг.

### 3. Структура урожая ярового ячменя в зависимости от доз и сочетаний минеральных удобрений

Сопоставление элементов структуры урожая ячменя в течение трех лет (табл. 4) показало, что общее количество растений в благоприятных по увлажнению 2016 и 2017 годах было в диапазоне 226-302 шт./м<sup>2</sup>, при этом коэффициент корреляции между урожаем и количеством растений составил  $r = 0,73$  и  $0,74$  соответственно, по шкале Чеддока считается заметной, в сухом 2018 году количество растений уменьшалось в среднем в 1,5 раза и колебалось от 120-193 шт./м<sup>2</sup> при этом  $r = 0,97$  корреляция считается высокой.

Наиболее эффективное воздействие на увеличение количества растений оказали комплексное применение азотных и фосфорных удобрений –  $N_{30}P_{30}$  и  $N_{60}P_{60}$ . Количество растений на этих вариантах увеличилось на 58 и 56 растений соответственно или на 25% и 24% по сравнению с контролем.

Количество продуктивных стеблей является определяющим показателем в формировании величины урожая зерна. Корреляционная зависимость между величиной урожая и количеством продуктивных стеблей выражена коэффициентами корреляции ( $r$ ): в 2016 году  $r = 0,84$ , в 2017 –  $0,76$  и в 2018 –  $0,98$  коэффициент корреляции максимальный в сравнении с предыдущими годами исследований. Количество продуктивных стеблей заметно изменялось при действии различных доз, сочетаний минеральных удобрений и метеорологических условий, но максимальной была на варианте  $N_{60}P_{30}$  в 2016 году – 552 шт./м<sup>2</sup>, варианте  $N_{30}P_{30}$  в 2017 году – 575 шт./м<sup>2</sup>.

#### 4. Структура ярового ячменя

Вариант	Количество растений, шт./м <sup>2</sup>			Количество продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>			Высота растения, см			Масса 1000 зерен, г		
	2016 год	2017 год	2018 год	2016 год	2017 год	2018 год	2016 год	2017 год	2018 год	2016 год	2017 год	2018 год
Контроль	231	232	120	412	433	220	72	74	46	47,5	48,2	41,7
$N_{30}$	282	266	167	530	488	302	80	82	54	48,3	48,5	42,7
$N_{30}P_{30}$	289	302	160	533	575	300	80	81	55	47,9	49,9	42,1
$N_{30}P_{60}$	254	268	173	504	520	334	81	80	57	51,0	51,7	42,5
$P_{30}$	234	226	133	478	450	244	75	75	48	48,1	48,9	41,9
$N_{60}P_{30}$	266	257	173	552	540	348	84	85	53	51,4	51,8	42,6
$N_{60}$	243	289	186	490	568	360	81	84	53	50,1	49,5	42,8
$N_{60}P_{60}$	287	282	193	522	552	398	83	85	60	51,0	52,0	42,6
$P_{60}$	227	238	147	420	460	280	77	78	50	48,7	49,0	42,2

Высота растений сильно отличалась в годы проведения опыта. Во влагообеспеченные годы высота растений была примерно одинаковой от 72 до 84 см в 2016 году и от 74 до 85 см в 2017 году. Разница по высоте растений в зависимости от доз и сочетаний минеральных удобрений была незначительной

1-4 см в 2016 году и 1-5 см в 2017. Исключение составляют варианты с фосфорными удобрениями, на которых высота растений была меньше в среднем на 7-8 см. В сухом 2018 году высота растений была ниже предыдущих лет. На вариантах с  $P_{30}$  и  $P_{60}$  этот показатель варьировал в пределах контрольного варианта.

Масса 1000 зерен зависела от условий года, отмечается тенденция к увеличению этого показателя при внесении одних азотных и азотных совместно с фосфорными.

#### **4. Влияние различных доз и сочетаний минеральных удобрений на урожай ярового ячменя**

В Калмыцком НИИСХ имени М.Б. Нармаева в 2008-2017 г.г. был проведен конкурсный отбор новых сортов ячменя, адаптированных к засушливым условиям центральной зоны. Главным фактором отбора сортов ярового ячменя являлась способность формировать урожай зерна в сложных гидротермических условиях. Было установлено, что новые сорта способны формировать урожай, при соответствующей агротехнике и благоприятных гидротермических условиях до 5 т/га (Гольдварг, Боктаев, 2018).

Вегетационные периоды 2016-2017 годов были благоприятные по увлажнению, ГТК был равен 0,7 и 0,5 соответственно. В 2018 году наблюдалась устойчивая сухая погода. В соответствии с влагообеспеченностью почвы менялась и урожайность ярового ячменя на контрольном варианте. В 2016 году она составляла 35,9 ц/га, в 2017 – 36,3 ц/га и в 2018 году – 9,8 ц/га. Урожайность ярового ячменя в 2016-2017 годах была наибольшей за годы исследований. Достаточное водоснабжение культуры, благоприятный температурный режим сформировали урожай ярового ячменя по удобренным вариантам опыта в 2016 году от 36,5 до 43,8 ц/га, в 2017 – от 38,9 до 44,6 ц/га, а прибавки составляли от 0,6 до 7,9 ц/га в 2016 году и от 2,6 до 8,3 ц/га в 2017 году (табл. 5).

В острозасушливых условиях 2018 года наблюдался невысокий уровень урожайности ярового ячменя, а прибавки зерна ярового ячменя по всем удобренным вариантам находились в пределах 0,5-2,4 ц/га. Действие отдельных видов и доз удобрений также было по годам различным. В 2016 и 2017 годах действие азотных удобрений было выше, чем фосфорных. Аналогичная тенденция прослеживалась и в 2018 году. Прибавки по азотным удобрениям прослеживались в 2016 году от 5,2 до 6,9 ц/га, а по фосфорным – от 0,6 до 1,5 ц/га. В 2017 году прибавки по азотным удобрениям были от 2,7 до 6,6 ц/га, а по фосфорным – от 2,6 до 5,1 ц/га. В условиях острой засухи 2018 года растения

постоянно находились в стрессовом состоянии. Урожайность была наименьшей за годы исследований. Величина прибавок по азотным удобрениям колебалась от 1,3 до 2,0 ц/га, по фосфорным – от 0,5 до 0,9 ц/га.

5. Урожайность зерна ярового ячменя в зависимости от применения удобрений, ц/га

Вариант	2016	2017	2018	Средняя за 2016-2018 гг.	Прибавка, ц/га	Окупаемость, кг	Долевое участие, %
Контроль	35,9	36,3	9,8	27,3	-	-	-
N <sub>30</sub>	41,1	42,9	11,1	31,7	4,4	14,7	14
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>	41,8	43,0	11,4	32,1	4,8	8,0	15
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	40,1	44,1	11,4	31,9	4,6	5,1	14
P <sub>30</sub>	36,5	38,9	10,3	28,6	1,3	4,3	6
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	43,8	42,4	11,8	32,7	5,4	6,0	17
N <sub>60</sub>	42,8	42,2	11,8	32,3	5,0	8,3	15
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	42,7	44,6	12,2	33,2	5,9	4,9	18
P <sub>60</sub>	37,4	41,4	10,7	29,8	2,5	4,1	8
HCP <sub>0,5</sub>	2,6	4,4	0,3				

Анализ данных по прибавкам урожайности зерна позволяет утверждать, что в условиях светло-каштановых почв Калмыкии основными элементами питания, обеспечивающими повышению урожайности ярового ячменя являются сочетания азота и фосфора: в 2016 году в вариантах N<sub>60</sub>P<sub>30</sub> и N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> прибавки составляют 7,9 и 6,8 ц/га соответственно, в 2017 году в вариантах N<sub>30</sub>P<sub>60</sub> и N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> – 7,8 и 8,3 ц/га. В среднем за три года проведения опыта урожайность ярового ячменя в контроле составила 27,3 ц/га, на удобренных вариантах в зависимости от дозы и вида удобрений колебалась от 28,6 до 33,2 ц/га.

Отзывчивость ярового ячменя на азотные удобрения выше, чем на фосфорные. Внесение 30 и 60 кг д.в. азотных удобрений обеспечило прибавку в среднем за три года 4,4 и 5,0 ц/га при окупаемости 1 кг д.в. удобрения 14,7 и 8,3 кг зерна. При совместном внесении азотных и фосфорных удобрений наибольшая прибавка урожая зерна была в вариантах N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> и N<sub>60</sub>P<sub>30</sub> и составила 5,9 и 5,4 ц/га при окупаемости 1 кг д.в. удобрений 4,9 и 6,0 кг зерна.

Долевое участие удобрений в формировании урожая колеблется от 6 до 18%. Доля влияния азотных удобрений составляла 14-15%, фосфорных 6-8%. При совместном внесении азотных и фосфорных удобрений, в зависимости от соотношения азота и фосфора, долевое участие удобрений в формировании урожая ярового ячменя в варианте N<sub>60</sub>P<sub>30</sub> составляет 17% и в варианте N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> – 18%.

На основании вышеизложенного следует, что низкое содержание нитратного азота и довольно благоприятные условия увлажнения в вегетационный период обуславливают высокую эффективность азотных удобрений под культуру. Оказывая положительное влияние на растения в процессе органогенеза, азотные удобрения значительно увеличивают урожай зерна, фосфорные удобрения не обеспечивали существенной прибавки урожая зерна.

При среднем содержании подвижного фосфора в почве применение фосфорных удобрений наиболее эффективно при сочетании с азотными удобрениями.

### **5. Влияние минеральных удобрений на содержание и вынос азота, фосфора и калия растениями ярового ячменя**

Химический состав растений, соотношение элементов питания в них отражают условия минерального питания в культуре. Влияние минеральных удобрений на урожай ячменя неодинаково и обусловлено различной ролью составляющих химических элементов в физиологическом процессе.

Так, в исследуемый период содержание элементов питания в зерне ярового ячменя было различным как по видам минеральных удобрений, так и по соотношениям и вариантам (табл. 6).

6. Содержание элементов питания в зерне и соломе ярового ячменя в среднем за 2016-2018 гг., %

Вариант	N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома
Контроль	2,25	0,51	0,80	0,16	0,68	1,21
N <sub>30</sub>	2,34	0,39	0,81	0,15	0,68	0,85
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>	2,34	0,44	0,82	0,22	0,68	0,96
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	2,32	0,43	0,85	0,18	0,66	1,00
P <sub>30</sub>	2,27	0,44	0,82	0,20	0,68	1,02
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	2,36	0,48	0,80	0,18	0,67	0,99
N <sub>60</sub>	2,45	0,48	0,79	0,18	0,65	1,37
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	2,36	0,48	0,80	0,18	0,68	1,12
P <sub>60</sub>	2,28	0,42	0,88	0,21	0,69	1,10

Результаты исследований показали, что содержание азота в опыте 2016 года увеличивалось на всех вариантах под действием доз и сочетаний минеральных удобрений. На удобренных вариантах содержание азота увеличилось на 0,06-0,33%. Максимальное его содержание наблюдается на варианте N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>. Содержание азота в соломе в 2016 году на вариантах с повышенным содержанием азота в зерне (N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>), было в обратной

зависимости, т.е. чем больше азота в зерне, тем меньше его в соломе. Аналогичная зависимость прослеживается на варианте  $N_{60}P_{30}$ . Поскольку большинство исследователей отмечают зависимость качества зерна ячменя от климатических особенностей территории, данные по влиянию доз азотных удобрений и их сочетаний с фосфорными на урожай зерна были подвергнуты регрессионному анализу. Для сухостепной зоны Калмыкии получить не удалось: коэффициенты парной корреляции между дозами азота и сочетанием азот-фосфор и урожаем были не достоверны.

В 2017 году на вариантах  $N_{30}P_{60}$ ,  $P_{30}$ ,  $N_{60}P_{30}$  и  $P_{60}$  содержание азота в зерне было минимальным за все годы исследований и составляло от 2,00 до 2,07%. Варианты с  $N_{30}$  и  $N_{60}$  имели в зерне от 2,23 до 2,41% азота соответственно. На удобренных вариантах в соломе содержалось 0,32-0,50 %. Это в два раза меньше чем в 2016 году. Это возможно объяснить повышенным увлажнением вегетационного периода.

В 2018 году, несмотря на засушливые условия вегетационного периода и потери урожая в три с половиной раза по сравнению с предыдущими годами, на удобренных вариантах содержание азота в зерне составило от 2,27 до 2,49%. Максимальное содержание азота было на варианте  $N_{60}P_{60}$  и составило 2,49

В среднем за три года исследований на всех вариантах опыта по отношению к контролю наблюдается повышение содержания азота в зерне от 2,27 до 2,45%, повышение фосфора особенно видно на вариантах  $N_{30}P_{60}$  и  $P_{60}$ .

Благоприятное воздействие на содержание азота в зерне ячменя наблюдалось на азотно-фосфорных вариантах и на азотных. Содержание фосфора и калия в зерне ярового ячменя по отношению к контролю имела незначительные изменения.

Вынос элементов питания значительно колебался в зависимости от условий года и доз минеральных удобрений (табл. 7).

#### 7. Вынос N, $P_2O_5$ , $K_2O$ урожаем ярового ячменя, кг/га

Вариант	2016 г.			2017 г.			2018 г.			Среднее за 2016-2018 г.г.		
	N	$P_2O_5$	$K_2O$	N	$P_2O_5$	$K_2O$	N	$P_2O_5$	$K_2O$	N	$P_2O_5$	$K_2O$
Контроль	95,7	28,0	45,1	80,5	32,6	71,6	23,9	7,5	10,5	66,7	22,7	42,4
$N_{30}$	111,4	35,3	42,4	99,3	35,1	70,2	26,7	8,5	10,0	79,1	26,3	40,8
$N_{30}P_{30}$	106,8	38,8	47,0	94,9	39,9	76,5	27,0	8,9	10,2	76,2	29,2	44,6
$N_{30}P_{60}$	103,0	41,1	47,8	90,4	36,0	80,2	29,0	8,7	9,6	74,1	28,6	45,9
$P_{30}$	100,8	36,2	48,7	87,6	30,4	62,7	24,9	8,2	10,0	71,1	24,9	40,5
$N_{60}P_{30}$	116,5	37,0	46,1	89,5	37,0	78,2	29,3	9,1	11,1	78,4	27,7	45,1
$N_{60}$	115,6	34,2	51,1	101,3	36,9	104,1	29,9	9,4	11,3	79,7	26,8	55,5
$N_{60}P_{60}$	115,1	37,2	53,6	92,2	36,7	87,7	31,3	9,6	11,1	79,5	27,8	50,8
$P_{60}$	101,6	40,7	47,7	91,3	37,1	78,9	26,8	8,2	10,1	73,2	28,6	45,6

В среднем за три года исследований вынос азота составил на контроле 66,7 кг/га. Минеральные удобрения увеличивали вынос азота в зависимости от доз и соотношений на 6-19%, наибольший вынос азота был при внесении  $N_{60}P_{60}$  и  $N_{60}$  и составил 79,5-79,7 кг/га.

Вынос фосфора урожаем ярового ячменя также изменяется в зависимости от влагообеспеченности вегетационного периода. В благоприятные по увлажнению 2016 и 2017 годы вынос его на контроле составлял от 28,0 до 32,6 кг/га, а в сухом 2018 году – 7,5 кг/га. Средняя величина выноса на контроле за годы исследований составила 22,7 кг/га. Значительно больше отмечены колебания выноса фосфора при внесении минеральных удобрений.

В среднем вынос фосфора на удобренных вариантах изменялся от 24,9 до 29,2 кг/га.

Вынос калия был наименьшим в засушливый 2018 год как на контроле, так и по вариантам опыта. Исследуя вынос калия, сложно определить четко выраженную закономерность в зависимости от дозы и соотношения удобрений.

Нормативным показателем выноса питательных веществ урожаем из почвы является потребление элементов питания для формирования 1 т зерна с соответствующим количеством соломы, которое различалось по годам и вариантам (табл. 8).

8. Вынос питательных веществ 1 т урожая зерна ярового ячменя  
с учетом соломы, кг

Вариант	2016 г.			2017 г.			2018 г.		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	26,7	7,8	12,6	22,2	9,0	19,7	22,4	7,7	10,7
N <sub>30</sub>	27,1	8,6	10,3	23,1	8,2	16,4	24,1	7,7	8,9
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>	25,6	9,3	11,2	22,1	9,3	17,8	23,7	7,8	8,4
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	25,7	10,2	11,9	20,5	8,2	18,2	25,4	7,6	8,4
P <sub>30</sub>	27,6	9,9	13,3	22,5	7,8	16,1	24,2	8,0	9,7
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	26,6	8,4	10,5	21,1	8,7	18,4	24,8	7,7	9,4
N <sub>60</sub>	27,0	8,0	11,9	24,0	8,7	24,7	25,3	8,0	9,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	27,0	8,7	12,6	22,2	8,2	19,7	25,7	7,9	9,1
P <sub>60</sub>	27,2	10,9	12,8	22,1	9,0	19,1	25,0	7,7	9,4

В результате анализа каждого отдельного года исследований можно сделать вывод, что на светло-каштановых почвах при возделывании нового, интенсивного сорта ярового ячменя Странник вынос азота и фосфора в расчете на 1 т урожая примерно равен нормативным, вынос калия в 1,5 раза меньше нормативного показателя. Применение удобрений повышало удельный вынос азота в 2018 г., фосфора в 2016 г.



## 6. Влияние минеральных удобрений на баланс элементов питания в агроценозе ярового ячменя

В среднем за три года исследований по азоту на всех вариантах получен отрицательный баланс. На контроле он составил -66,7 кг/га. Максимальный отрицательный баланс зафиксирован на вариантах P<sub>30</sub> и P<sub>60</sub> – 71,1 и 73,2 кг/га. Применение азотных и азотно-фосфорных удобрений привело к уменьшению дефицита азота на 17,6 – 48,3 кг/га. Баланс по калию также был отрицательным (табл. 9).

### 9. Вынос и баланс элементов питания ярового ячменя в среднем за 2016-2018 гг.

Вариант	Урожайность, ц/га		Вынос						Баланс, кг/га		
	зерно	солома	кг/га			На 1т зерна, кг			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
Контроль	27,3	21,5	66,7	22,7	42,4	23,8	8,2	14,3	-66,7	-22,7	-42,4
N <sub>30</sub>	31,7	25,0	79,1	26,3	40,8	24,8	8,2	11,9	-49,1	-26,3	-40,8
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>	32,1	25,3	76,2	29,2	44,6	23,8	8,8	12,5	-46,2	0,8	-44,6
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	31,9	25,2	74,1	28,6	45,9	23,9	8,7	12,8	-44,1	31,4	-45,9
P <sub>30</sub>	28,6	22,5	71,1	24,9	40,5	24,8	8,6	13,0	-71,1	5,1	-40,5
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	32,7	25,7	78,4	27,7	45,1	24,2	8,3	12,8	-18,4	2,3	-45,1
N <sub>60</sub>	32,3	25,4	79,7	26,8	55,5	25,4	8,2	15,4	-19,7	-26,8	-55,5
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	33,2	26,1	79,5	27,8	50,8	25,0	8,3	13,8	-19,5	32,2	-50,8
P <sub>60</sub>	29,8	23,5	73,2	28,6	45,6	24,8	9,2	13,8	-73,2	31,4	-45,6

Таким образом, сорт ярового ячменя Странник формировал урожай при значительном дефицитном балансе азота. Светло-каштановые почвы Калмыкии имеют большие запасы обменного калия. Считалось, что высокое содержание калия в почве, без внесения калийных удобрений, может полностью обеспечивать потребность в нем и формировать высокие урожаи. Баланс по калию также был отрицательным, что подтверждено расчетами. Дефицитный баланс по азоту и калию снижают почвенное плодородие по этим показателям.

Дефицит фосфора на контроле составил 22,7 кг/га. На вариантах N<sub>30</sub> и N<sub>60</sub> идет увеличение дефицита на 3,6 и 4,1 кг/га. В остальных вариантах наблюдается положительный баланс фосфора. Максимальный его баланс был получен на вариантах N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> и P<sub>60</sub> – 31,4; 32,2 и 31,4 кг/га, что способствовало накоплению фосфора в почве.

## 7. Влияние различных доз и сочетаний минеральных удобрений на показатели качества фуражного ярового ячменя

Яровой ячмень является основной фуражной культурой, в связи с чем необходимо учитывать изменение питательности полученной продукции в зависимости от доз и сочетаний минеральных удобрений. Ценность сорта определяется не только количеством, но и качеством продукции. Основным показателем качества зерна фуражного назначения служит содержание протеина.

В среднем за три года исследований можно отметить, что под действием доз минеральных удобрений содержание сырого протеина по отношению к неудобренному варианту возрастает на всех вариантах опыта. На вариантах N<sub>30</sub>-N<sub>60</sub> на 4-9%, на вариантах с внесением P<sub>30</sub>-P<sub>60</sub> на 1% и на вариантах с внесением минеральных удобрений в различных сочетаниях – на 3-5% (табл. 10).

### 10. Влияние действия минеральных удобрений на питательную ценность ярового ячменя (среднее за 2016-2018 гг.)

Вариант	Сырой протеин, %	Переваримый протеин, г/кг	Содержание кормовых единиц, кг	Приходится на одну кормовую единицу переваримого протеина, г
Контроль	14,04	112,3	1,31	85,7
N <sub>30</sub>	14,65	117,2	1,30	90,2
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>	14,65	117,2	1,30	90,2
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub>	14,50	116,0	1,31	88,5
P <sub>30</sub>	14,21	113,7	1,31	86,8
N <sub>60</sub> P <sub>30</sub>	14,73	118,4	1,31	90,4
N <sub>60</sub>	15,33	122,6	1,31	93,6
N <sub>60</sub> P <sub>60</sub>	14,77	118,2	1,30	90,9
P <sub>60</sub>	14,23	113,8	1,31	87,5

Основным показателем питательности корма является кормо-протеиновое соотношение, которое для крупного рогатого скота и овец должно составлять 100 г протеина на одну кормовую единицу. Данные наших исследований показывают, что содержание кормовых единиц в зерне практически не меняется по вариантам. Вместе с тем наблюдается рост содержания переваримого протеина на 1 кг сухого вещества, в связи с чем улучшается кормо-протеиновое соотношение.

Особенно ценен ячмень при откорме свиней. В 1 кг зерна ярового ячменя должно содержаться не менее 84 г переваримого протеина. Чтобы обеспечить дневную потребность птиц в корме должно содержаться 12-17% сырого протеина. Потребность коров в белке удовлетворяется, если содержание сырого

протеина в сухом веществе рациона составляет 11-12%. На 1 кормовую единицу коровам требуется 108-110 г переваримого протеина.

В зерне в среднем за три года исследований на неудобренном варианте на 1 к.е. приходится 85,7 г переваримого протеина. В вариантах P<sub>30</sub>-P<sub>60</sub> рост переваримого протеина составил 1,1-1,8 г на 1 кормовую единицу. Максимальные показатели, близкие к зоотехническим нормам получены на вариантах N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> и N<sub>60</sub>, где на одну кормовую единицу приходится 90,9-93,6 г переваримого протеина.

Таким образом, увеличение обеспеченности светло-каштановых почв элементами питания не только способствует увеличению урожайности ярового ячменя, но и питательности зерна.

### **8. Экономическая и энергетическая эффективность минеральных удобрений при возделывании ярового ячменя**

Одним из основных критериев оценки экономического эффекта от удобрений в агрохимических исследованиях признана окупаемость 1 кг действующего вещества удобрений прибавкой урожая зерна. В условиях Калмыкии внесение удобрений считается оправданным, если на 1 кг удобрений получено четыре и более кг зерна.

Анализ экономической эффективности показывает, что при применении минеральных удобрений увеличиваются общие затраты. Вследствие высокой стоимости минеральных удобрений на вариантах P<sub>30</sub>, P<sub>60</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>, N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>, N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> получены убытки от 0,13 до 0,28 руб., при этом отмечена достаточно высокая окупаемость 1 кг д.в. удобрений зерном от 6,8 до 8,7 ц/га.

Наиболее эффективными в 2016 и 2017 году были варианты N<sub>30</sub>, N<sub>60</sub> и N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>. Прибавка урожая на этих вариантах высокая: 6,6, 5,9 и 6,7 ц/га и при этом самые низкие затраты, что характеризует варианты как экономически эффективные.

Применение минеральных удобрений в 2018 году обеспечивало окупаемость 1 кг д.в. удобрений от 1,5 до 4,3 кг зерна. Максимальная окупаемость в 4,3 кг зерна была достигнута в варианте с применением одинарной дозы аммиачной селитры – N<sub>30</sub>.

Результаты расчетов по данным 2016-2018 г.г. показали, что основной составляющей на величину чистого дохода с 1 га является удобрение. Анализ цен 2020 года не показал существенных изменений в ценовой политике на удобрения. В связи с изложенным следует отметить, что в современных условиях неустойчивой конъюнктуры цен и резко выраженном их диспаритете очень сложно определить экономическую эффективность минеральных удобрений. Можно, в определенной степени, согласиться с тем, что

относительно объективную оценку эффективности минеральных удобрений можно получить лишь с учетом энергетической эффективности удобрений под сельскохозяйственные культуры. Следует отметить, что применение различных доз и сочетаний минеральных удобрений под яровой ячмень на светло-каштановых почвах энергетически эффективно, так как энергоотдача по всем вариантам опыта превышает единицу. Однако данные оценки энергетической эффективности применения удобрений не во всем совпадают с хозяйственной и экономической оценкой изучаемых вариантов.

Так самые высокие коэффициенты биоэнергетической эффективности, в среднем за три года исследований, 5,4 и 5,7 были на вариантах с дозой фосфора  $P_{30}$  и  $P_{60}$ . На этих вариантах не использовался главный фактор повышения урожайности – азот, здесь также хуже экономические и технологические показатели, чем на вариантах  $N_{30}$  и  $N_{60}$ . В совокупных энергозатратах на осуществление технологического процесса азотные минеральные удобрения в расчете на 1 кг д.в. в 7 раз выше, чем фосфорные. Азотные удобрения, в связи с более высокими энергозатратами на их производство, имеют наименьшую энергетическую эффективность по сравнению с фосфорными удобрениями. Перспективным для светло-каштановых почв сухостепной зоны Калмыкии могут быть варианты  $N_{30}$  и  $N_{30}P_{30}$ , которые имеют энергию накопления в прибавке урожая зерна 7238-7896 МДж/га и биологический коэффициент энергетической эффективности 2,7-2,8 единиц.

Таким образом, оценивая экономическую и энергетическую составляющую опыта, проводимого с новыми засухоустойчивыми сортами фуражного зерна ячменя, необходимо ориентироваться не только на экономическую и энергетическую составляющую экспериментальной работы, но и дифференцированно оценивать все технологические моменты получения зерна высокого качества.

### **Выводы**

1. Применение минеральных удобрений в сухостепной зоне республики Калмыкия на светло-каштановой почве под яровой ячмень сорта Странник в среднем за три года исследований обеспечило урожайность зерна ячменя 27,3 - 33,2 ц/га. Прибавка от удобрений составила 1,3-5,9 ц/га. В благоприятные по влагообеспеченности годы внесение  $N_{60}P_{30}$  под яровой ячмень способствовало получению 43,8 ц/га, что для республики является очень высоким урожаем.

2. Эффективность применения минеральных удобрений в значительной степени зависела от погодных условий вегетационного периода. Наибольшая прибавка урожайности получена в благоприятные по режиму

увлажнения 2016-2017 гг. при внесении  $N_{60}P_{30}$  и  $N_{60}P_{60}$ , тогда как в засушливом 2018 году – 2,4 ц/га.

3. Отзывчивость ярового ячменя на применение азотных удобрений оказалась выше по сравнению с фосфорными. В среднем за три года внесение 30 и 60 кг азота обеспечивало прибавку 4,4- 5,0 ц/га при окупаемости 1 кг N 14,7 и 8,3 кг зерна. При совместном внесении азотно-фосфорных удобрений прибавка составила 5,4-5,9 ц/га, а их окупаемость 4,9-6,0 кг/кг зерна.

4. При внесении удобрений в дозах  $N_{60}$  и  $N_{60}P_{60}$  снижался коэффициент водопотребления на 13%. Запас влаги в метровом слое почвы составляло 122 мм в начале и 27,5 мм в конце вегетации обеспечивало формирование урожайности ярового ячменя в 2016-2017 гг. на уровне 43,7 ц/га.

5. В среднем за три года азотные удобрения повышали содержание азота в зерне ячменя на 4-9%. Фосфорные удобрения в дозе  $P_{60}$  увеличивали содержание  $P_2O_5$  в зерне по сравнению с неудобренным вариантом на 10%. В остальных вариантах изменения в содержании фосфора в зерне находились в пределах ошибки опыта.

6. Вынос элементов питания зависел, прежде всего, от уровня урожайности ярового ячменя и в некоторой степени от содержания их в растениях. Максимальный вынос составил: азота – 79,7, фосфора – 29,2, калия – 55,5 кг/га, что выше контроля на 19, 29 и 30% соответственно. В расчете на 1 т урожая вынос азота и фосфора был примерно равен нормативному показателю, а калия – в 1,5 раза меньше.

7. Минеральные удобрения оказали положительное влияние на кормовую ценность ячменя. Благодаря увеличению содержания переваримого протеина улучшилось кормопротеиновое соотношение. Максимальные показатели приближались к зоотехническим нормам в вариантах  $N_{60}P_{60}$  и  $N_{60}$ , где на 1 к.е. приходилось 90,9-93,6 г переваримого протеина.

8. Результаты экономических расчетов показали, что наибольший условно-чистый доход с 1 га при современной шкале цен можно получить только при применении азотных удобрений в дозе 30 кг/га, при этом на 1 рубль затрат достигается получение 0,80 рубля условно-чистого дохода.

### **Предложения производству**

Для получения в условиях сухостепной зоны Калмыкии урожайность ярового ячменя сорта Странник порядка 40 ц/га и повышения плодородия светло-каштановой почвы необходимыми условиями при своевременном и качественном выполнении всех агротехнических мероприятий является применение азотно-фосфорных удобрений, совместное применение которых повышает урожайность на 20-22% с окупаемостью 4,9-6,0 кг/кг. Максимальный

эффект обеспечивают азотные удобрения в дозах 30 и 60 кг д.в. азотных удобрений, что позволит получить фуражное зерно соответствующее зоотехническим требованиям и с экономически выгодными показателями.

### **Список опубликованных работ по теме диссертации**

#### ***Публикации в журналах, рекомендованных ВАК РФ для публикаций результатов исследований соискателями ученых степеней:***

1. Музраев В.Н. Влияние минеральных удобрений на уровень водопотребления посевов озимой пшеницы и ярового ячменя / Шурганов Б.В., Сорокин А.И., Музраев В.Н., Тертышная А.Г. // Плодородие. – 2018. – № 4. – С. 16-18. DOI: 10.25680/S19948603.2018.103.05.

2. Музраев В.Н. Влияние агрометеорологических условий и удобрений на урожай ярового ячменя в сухостепной зоне Калмыкии/ Музраев В.Н., Сычев В.Г., Виноградова С.Б., Муравьева О.А. // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 39-43. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10057.

#### ***Публикации в других изданиях:***

1. Музраев В.Н. Продуктивность ярового ячменя в зависимости от доз и сочетаний минеральных удобрений в сухостепной зоне республики Калмыкия / Материалы 51-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях интенсивного сельскохозяйственного производства». – Москва, 2017. – С. 58-64.

2. Музраев В.Н. Эффективность применения минеральных удобрений на посевах ярового ячменя в сухостепной зоне республики Калмыкия / Материалы 52-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященная 200-летию профессора Ярослава Альбертовича Линовского «Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства». – Москва, 2018. – С. 140-142.

3. Музраев В.Н., Муравьева О.А. Динамика элементов питания в светло-каштановой почве под яровым ячменем в сухостепной зоне республики Калмыкия / Материалы 53-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященная 115-летию со дня рождения профессора Александра Васильевича Петербургского «Оптимальное питание растений и восстановление плодородия почв в условиях ведения традиционной и органической систем земледелия». – Москва, 2019. – С. 102-107.

4. Музраев В.Н., Муравьева О.А. Формирование качественных показателей зернофуражного зерна ярового ячменя в аридных условиях/ Материалы 54-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященной 155-летию со дня рождения академика Дмитрия Николаевича Прянишникова «Проблемы и перспективы развития современной агрохимии». – Москва, 2020. – С. 120-124.