

УДК 551.4:631.8:631.45:631.411.2:633.16

UDC 551.4:631.8:631.45:631.411.2:633.16

**РЕЛЬЕФ, ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА  
ОБЫКНОВЕННОГО И ПРОДУКТИВНОСТЬ  
ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ****RELIEF, FERTILITY OF ORDINARY BLACK  
SOIL AND EFFICIENCY OF SUMMER BAR-  
LEY**

Громаков Антон Александрович  
к. с.-х. н., доцент

Gromakov Anton Alexandrovich  
Cand.Agr.Sci., associate professor

Скуратов Николай Семенович  
д. с.-х. н., профессор  
*Донской государственный аграрный университет,  
пос. Персиановский, Россия*

Skuratov Nikolai Semenovich  
Dr.Sci.Agr., professor  
*Don State Agrarian University, Persianovskij, Russia*

В статье обсуждается вариабельность эффективно-го плодородия почвы и продуктивности ярового ячменя в агроландшафте со сложным рельефом. Предлагается дифференцированная система удобрения ячменя

Variability of soil effective fertility and efficiency of summer barley in agro landscape with a complex relief is discussed in this article. Differentiated system of barley fertilizing is offered

Ключевые слова: РЕЛЬЕФ, ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ, ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ, АЗОТНЫЕ УДОБРЕНИЯ

Keywords: RELIEF, SOIL FERTILITY, SUMMER BARLEY, NITRIC FERTILIZERS

## **Введение**

Существенное влияние на плодородие почвы и, следовательно, на урожай, оказывает рельеф [3-4, 7, 9-11, 13]. В Ростовской области 60% пашни расположено на склонах различной крутизны [2, 12]. Поэтому представляет интерес изучение влияния рельефа на плодородие почвы, продуктивность посева ярового ячменя и эффективность минеральных удобрений. До настоящего времени этот аспект применения удобрений остается малоизученным.

В связи с этим целью проведенных в 2000-2002 гг. исследований являлось изучение пространственного варьирования эффективного плодородия чернозема обыкновенного в склоновых ландшафтах, его влияния на продуктивность ярового ячменя и эффект от подкормок минеральными удобрениями.

Полевые эксперименты были проведены в 2000-2002 гг. на производственных посевах учебно-опытного хозяйства «Донское» ДонГАУ. Опыты были размещены на полях, имеющих склоны северной и южной экспозиции с уклоном до 2<sup>0</sup>. Почва опытного участка – чернозем обыкно-

венный среднемощный карбонатный с содержанием гумуса в пахотном слое 3,6-3,7%, рН – 7,1-7,4; суммой обменных оснований 38-40 мг.-экв./100 г почвы; содержанием валовых форм N – 0,18-0,20; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,16-0,17; K<sub>2</sub>O – 2,3-2,4%.

В опыте высевался сорт ярового ячменя Одесский 100, репродукция - элита. Предшественник – кукуруза на зерно. Повторность опыта – четырехкратная. Площадь опытной делянки – 72 м<sup>2</sup> (3,6×20 м).

В опыте были использованы следующие удобрения: аммофос (N – 12% д.в., P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 50%), аммиачная селитра (N – 34,6% д.в.), калий-электролит (K<sub>2</sub>O – 42% д.в.). Фоном в опыте служило припосевное внесение 100 кг/га аммофоса (N<sub>12</sub>P<sub>50</sub>). Прикорневая подкормка осуществлялась сеялкой СЗ-3,6 в фазу 2-3 листьев поперек посева в трансверсальном направлении. Полная схема опыта приведена в табл. 2. Закладка опытов, проведение наблюдений и учетов в течение вегетации осуществлялись согласно методикам полевых опытов с удобрениями [14].

Исследования проводились полевым и лабораторным методами с использованием следующих методик: отбор проб почвы - ГОСТ 28168-89; общие требования к проведению анализов - ГОСТ 29269-91; влажность почвы - ГОСТ 28268-89; расчет продуктивной влаги с учетом влажности устойчивого завядания растений ярового ячменя - по Е. В. Агафонову [1]; нитратный азот в почве - ГОСТ 26951-86; подвижные формы фосфора и калия в почве – ГОСТ 26205-91; влага в растительных образцах - ГОСТ 29305-92; азот в растительных образцах - ГОСТ 134964-84; экономическая эффективность – по Баранову Н.Н. [5]; математическая обработка полученных результатов - путем вариационного, дисперсионного и корреляционного анализов по Б.А. Доспехову [8].

### **Результаты исследований**

В период от посева до образования 2-3 листьев влагообеспеченность почвы в среднем за годы исследований превышала 100 мм (рис. 1). Пре-

имущество северного склона над южным составляло в этот период в среднем 7 мм. На средней и нижней частях северного склона оно перед посевом достигало 8,2-10,7 мм. В верхних частях склонов обеих экспозиций количество влаги в почве было практически одинаковым. На северном склоне более выражено преимущество во влагообеспеченности ниже расположенных участков склона по сравнению с верхними. Оно составляло 10,3-14,5 мм, различия по влагообеспеченности частей южного склона находились в пределах 5,4-7,2 мм. Интенсивность потребления влаги посевом ячменя на склоне северной ориентации в течение первой половины вегетации была выше, чем на южном. В последующем более интенсивное уменьшение запаса влаги отмечено на делянках склона южной ориентации, по-видимому, в связи с большим испарением с поверхности почвы и повышенной транспирацией вследствие более интенсивного солнечного облучения.

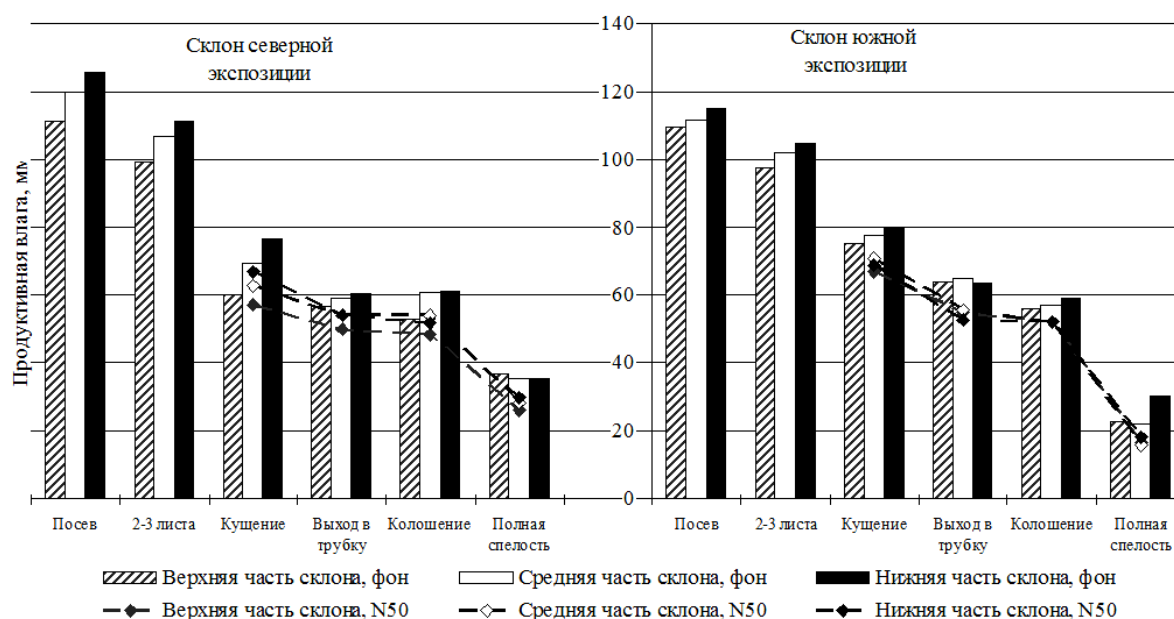


Рис. 1 - Динамика продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см под ячменем. Среднее за 2000-2002 гг.

Прикорневая подкормка ячменя способствовала увеличению потребления влаги посевом и снижению влажности почвы на 6-10 мм во все периоды развития растений. В динамике изменения влажности почвы в тече-

ние вегетации на вариантах с повышенной обеспеченностью элементами питания прослеживаются те же тенденции, что и на фоновых.

Распределение нитратного азота в почве склонов северной и южной экспозиции на ранних стадиях развития растений ячменя имело аналогичную, но более выраженную картину, чем продуктивной влаги (рис. 2).

В среднем за три года преимущество склона северной экспозиции по сравнению с южной по содержанию нитратного азота в почве проявилось только перед посевом и только в нижней части склона. Здесь на северном склоне в почве было на 17,3 кг/га нитратов больше, чем на южном.

В дальнейшем различия между склонами по этому признаку были выражены слабо. Запас N-NO<sub>3</sub> до фазы кушения, как правило, был больше в нижней части склона. В последующем различия становятся минимальными, а к полной спелости ячменя нитратов здесь даже несколько меньше, чем выше по склону. Это обстоятельство связано с повышенным потреблением азота растениями, развивающимися в более благоприятных условиях.

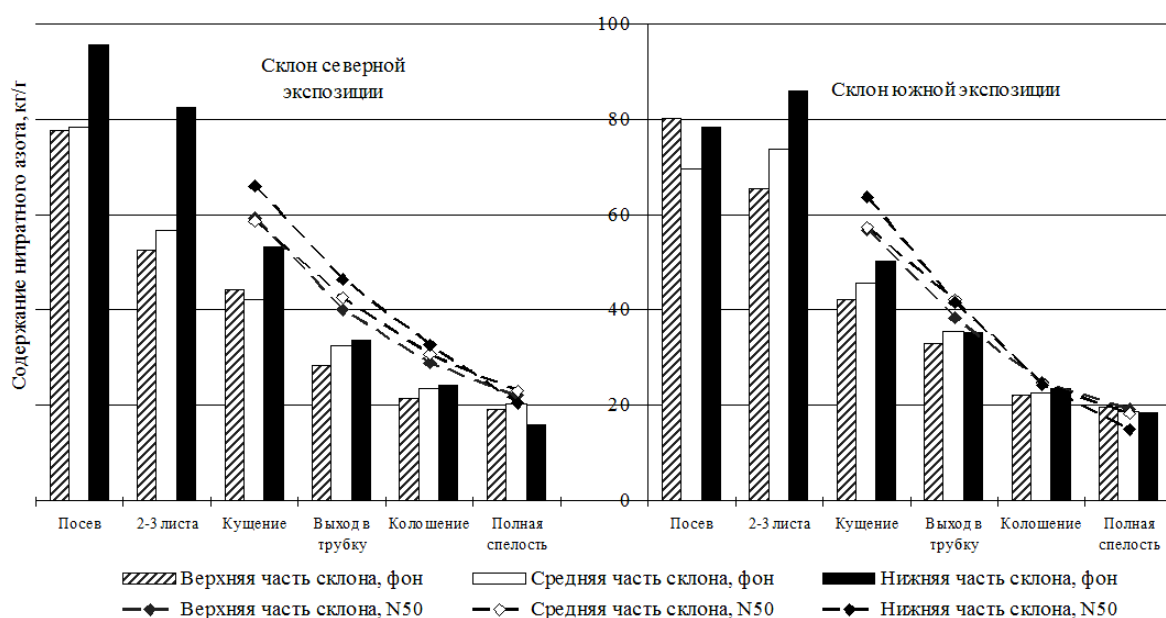


Рис. 2 - Динамика нитратного азота в слое почвы 0-60 см под ячменем. Среднее за 2000-2002 гг.

Анализ динамики обеспеченности почвы нитратным азотом на каж-

дой части склона в среднем по двум экспозициям показывает, что до фазы кущения преимущество нижних частей склонов по сравнению с верхними и средними несомненно и достигает 20-28 кг/га. В дальнейшем различия незначительны и неопределенны. Между средней и верхней частью склона они имеют такой характер в течение всей вегетации.

При внесении азотной подкормки ( $N_{50}$ ) повышение обеспеченности почвы нитратным азотом по сравнению с фоном составляет 13,2-14,7 кг/га и сохраняется до фазы колошения на северном склоне и до фазы выход в трубку – на южном, равно как и преимущество нижних частей склонов по сравнению с верхними. На этих вариантах в целом по склону северной экспозиции нитратного азота в течение всей вегетации было на 3-8 кг/га больше, чем на противоположном склоне. Разница была максимальной в фазу колошения. На вариантах без проведения азотной подкормки в фазу кущения дозой 50 кг/га в динамике изменений запаса  $N-NO_3$  в 60-сантиметровом слое почвы в среднем по всем частям склонов северной и южной экспозиций существенных различий нет. При внесении азотных удобрений в подкормку преимущество нижней части склона постепенно ослабевает до фазы колошения растений. На последнем этапе вегетации ячменя падение содержания нитратного азота в почве нижней части склона проявляется сильнее, чем на остальных элементах рельефа.

Содержание подвижного фосфора в почве опытных участков во все годы исследований находилось в пределах средней обеспеченности. Наиболее отчетливо проявилась тенденция увеличения обеспеченности фосфором при продвижении вниз по склону.

В целом за годы исследований обеспеченность обменным калием почвы опытного участка находилась на среднем уровне. Различия по этому показателю между всеми элементами рельефа были выражены слабо и не превышали 10%.

Урожай зерна ячменя на северном склоне в среднем за 3 года иссле-

дований находился в пределах 2,55-4,77 т/га (табл. 1).

Таблица 1 - Влияние рельефа северного склона и минеральных удобрений на урожайность ярового ячменя, т/га. Среднее за 2000-2002 гг.

Вариант опыта	часть склона			Прибавка к фону на части склона					
	верхняя	средняя	нижняя	верхней		средней		нижней	
				т/га	%	т/га	%	т/га	%
Фон	2,55	3,11	3,59	-	-	-	-	-	-
N <sub>25</sub>	3,58	4,17	4,77	1,03	40,4	1,06	34,1	1,18	32,9
N <sub>50</sub>	4,33	4,47	4,64	1,78	69,8	1,36	43,7	1,05	29,2
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub>	4,63	4,63	4,77	2,08	81,6	1,52	48,9	1,18	32,9
N <sub>50</sub> P <sub>50</sub> K <sub>50</sub>	4,54	4,75	4,74	1,99	78,0	1,64	52,7	1,15	32,0

Аккумулятивный микроландшафт превосходил по этому показателю верхний на 40,8%. Подкормка растений 25 кг/га д.в. азотных удобрений было одинаково эффективна во всех микроландшафтах: продуктивность посева повысилась на 1,03-1,18 т/га. Действие удвоения дозы аммиачной селитры зависело от местоположения посева в рельефе. В нижней части склона улучшение азотного питания растений не повлияло на урожай зерна, в транзитном микроландшафте урожай повысился на 0,3 т/га (6,7%), в верхней части склона – на 0,75 т/га (20,9%).

На вариантах с внесением удобрений действие рельефа на продуктивность посева в значительной степени нивелировалось. Минимальная вариабельность урожая ячменя отмечена при внесении максимальной дозы азотных, а также комплексных удобрений. Эффективность фосфорных удобрений зависела от обеспеченности почвы этим элементом питания, которая также определялась условиями рельефа. Наибольшая прибавка урожая получена при содержании P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в почве около 20 мг/кг. Повышение обеспеченности почвы фосфором до 22-25 мг/кг при продвижении вниз по склону снижало действие макроэлемента на урожай – прибавка 0,16-0,13 т/га. Калий на склоне северной экспозиции эффекта не дал.

В среднем за 2001-2002 сельскохозяйственные годы проявились те

же тенденции, что и за 3 года (табл. 2). Общий уровень урожайности по всем вариантам при сравнении данных за 2 и 3 года очень близок. Урожай ячменя на южном склоне был ниже, чем на северном, вследствие менее благоприятной динамики параметров эффективного плодородия почвы. В верхней и средней частях южного склона урожайность зерна на вариантах без удобрений практически не различалась. Азот в дозе  $N_{25}$ , внесенный перед кущением, во всех микроландшафтах дал одинаковый эффект. Азотная подкормка в максимальной дозе также обеспечила равное повышение урожайности. Как и на противоположном склоне, увеличение урожая при внесении фосфорных и фосфорно-калийных удобрений носило характер тенденции. Тем не менее, максимальная продуктивность ячменя отмечена в верхней и нижней частях склона именно при внесении  $NP$ , а на транзитном участке рельефа максимум урожайности был на варианте с полным удобрением.

Таблица 2 - Влияние рельефа и минеральных удобрений на урожай зерна ярового ячменя. Среднее за 2001-2002 гг.

Вариант опыта	Экспозиция, часть склона					
	северная			южная		
	верхняя	средняя	нижняя	верхняя	средняя	нижняя
Фон	2,40	3,11	3,44	2,17	2,28	2,46
$N_{25}$	3,63	4,10	4,73	3,15	3,18	3,39
$N_{50}$	4,19	4,29	4,50	3,61	3,64	3,85
$N_{50}P_{50}$	4,46	4,38	4,61	3,82	3,78	4,05
$N_{50}P_{50}K_{50}$	4,38	4,61	4,55	3,61	3,87	3,89

В верхней части склона в среднем по двум экспозициям просматривается увеличение действия от удобрений при повышении дозы азота и добавлении к ней фосфора. В транзитном микроландшафте эффект от этих изменений слабее, но проявляется положительное влияние калия. В нижней части склона в целом по обеим экспозициям фактически только внесение  $N_{25}$  дало существенный результат, а увеличение дозы азота и количества элементов питания в подкормке было неоправданным.

Наиболее полно условия азотного питания растений отражает пока-

затель N-solvert – сумма нитратного азота почвы и удобрений перед их внесением. Тесные зависимости получены при анализе влияния на урожай содержания продуктивной влаги и N-solvert в фазу 2-3 листьев. Следовательно, эффективное плодородие почвы в этот период может быть использовано для диагностики условий корневого питания растений ячменя. При содержании продуктивной влаги в метровом профиле почвы менее 100 мм в фазу 2-3 листьев зависимость урожайности ячменя от уровня азотного питания на склонах обеих экспозиций носила линейный характер и описывалась уравнениями регрессии  $y = 0,037x + 0,227$  на северном и  $y = 0,014x + 1,114$  – на южном. При обеспеченности почвы влагой в этот же срок свыше 100 мм зависимость урожая ячменя от N-solvert была криволинейной (рис. 3).

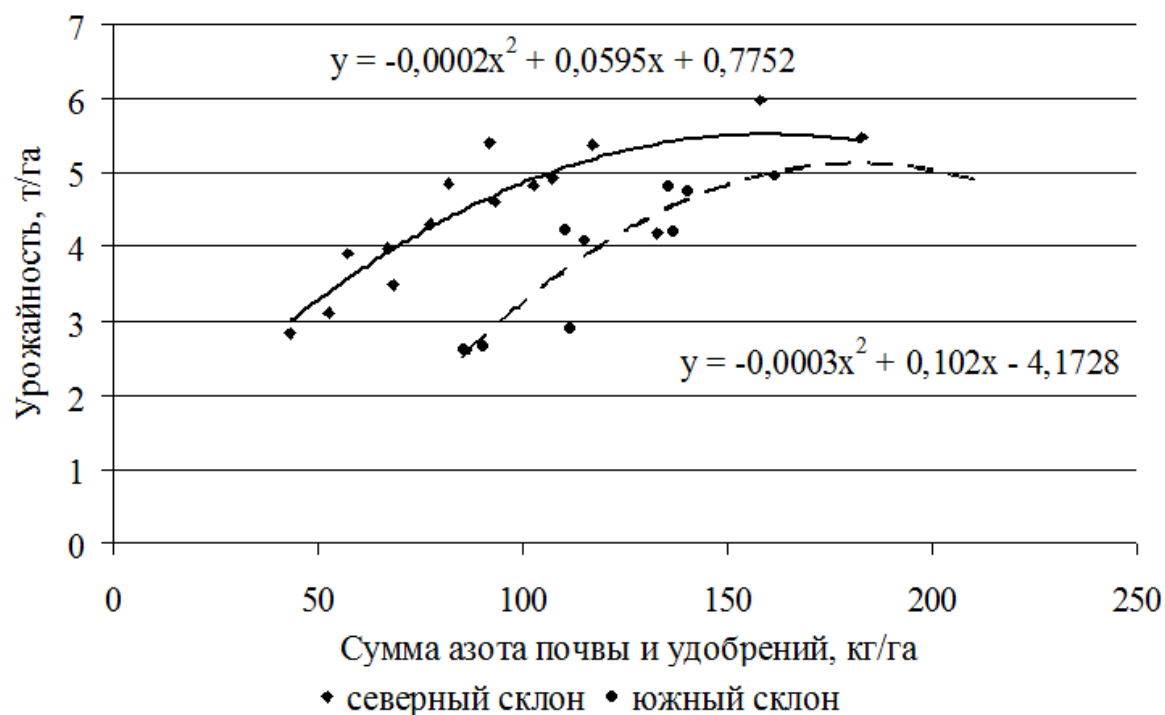


Рис. 3. Зависимость урожайности ячменя от суммы азота почвы и удобрений при влагообеспеченности слоя почвы 0-100 см свыше 100 мм в фазу 2-3 листьев в 2000-2002 гг.

Отмечено, что оптимум этого показателя на склоне северной экспозиции достигается при 150 кг/га азота, на южном – 170 кг/га. Урожайность зерна ячменя на южном склоне на 70% обусловлена уровнем N-solvert в



фазу 2-3 листьев ( $r_{xz*y}=0,834$ ). На северном склоне эта зависимость выражена слабее -  $r_{xz*y}=0,767$ . Кривая зависимости урожая ячменя от N-solvert нарастает более быстрыми темпами на южном склоне по сравнению с северным. Возможно, такая картина обусловлена различием условий минерализации органического вещества и нитрификации в почве различных склонов. На склоне северной ориентации более высокая влажность почвы в течение вегетации создавала благоприятные условия для нитрификации, в связи с чем, оптимум N-solvert здесь ниже и в целом отзывчивость посева на улучшение условий азотного питания хуже.

Зерно ячменя с более высокими кормовыми достоинствами в среднем за 2 года исследований получено на склоне южной экспозиции. На фоновых вариантах здесь белковость зерна в среднем была на 0,8% выше, чем на северном склоне. Местоположение посева на склоне оказало меньшее влияние на этот показатель. В большей степени повышению белковости зерна способствовали азотные удобрения. Эффект от фосфорных удобрений не превышал на всех элементах рельефа 0,2%. Применение калия способствовало некоторому снижению количества сырого протеина на всех элементах рельефа. Наибольшая белковость зерна получена в аккумулятивном микроландшафте на варианте  $N_{50}P_{50}$ , в среднем по склонам северной и южной экспозиций – 15,9%.

В среднем за 2001-2002 гг. сбор сырого протеина был выше на склоне северной ориентации (табл. 4). Применение азота в минимальной дозе было высокоэффективным на обоих склонах. Удвоение дозы азота способствовало дальнейшему существенному росту белковой продуктивности посева. Подкормка посева фосфором на фоне азота дала примерно одинаковый эффект на обоих склонах. В среднем по сбор протеина увеличился на 27 кг/га. Четкой картины изменения эффекта от фосфорных удобрений при продвижении вниз по склонам обеих экспозиций не наблюдалось. Действие калия на фоне азота и фосфора на белковую продуктив-

ность посева было недостоверным.

Применение удобрений способствовало уменьшению преимущества северного склона по сбору белка с 1 га. На фоновых вариантах различия составляли 19,8%, при внесении  $N_{50}$ , а также комплексных удобрений, преимущество уменьшалось до 10%.

Таблица 4 - Влияние рельефа и минеральных удобрений на сбор сырого протеина с 1 га, кг. Среднее за 2001-2002 гг.

Вариант опыта	Экспозиция, часть склона					
	северная			южная		
	верхняя	средняя	нижняя	верхняя	средняя	нижняя
Фон	277,6	359,7	396,4	256,6	274,5	298,3
$N_{25}$	435,5	481,3	569,5	387,4	400,6	435,9
$N_{50}$	524,3	542,3	590,2	473,5	491,5	529,8
$N_{50}P_{50}$	567,7	561,3	604,6	504,3	508,8	569,5
$N_{50}P_{50}K_{50}$	546,2	570,9	583,0	475,0	515,9	540,3

При продвижении вниз по склонам обеих экспозиций содержание сырого протеина в урожае зерна ячменя на фоновых вариантах и при подкормке  $N_{25}$  равномерно возрастало. С увеличением дозы азота до 50 кг/га различия в сборе белка между верхней и средней частью склонов существенно уменьшались, а на азотно-фосфорных вариантах этот показатель был одинаков. Сохранялось только преимущество аккумулятивного микроландшафта. Здесь получены максимальные значения сбора белка: 604,6 кг/га на северном склоне и 569,5 кг/га – на южном. В элювиальном микроландшафте также оптимальным был вариант  $N_{50}P_{50}$  на обоих склонах. В транзитном микроландшафте сбор белка повышался с включением в состав удобрения калия, однако эта тенденция выражена слабо, различия с вариантами  $N_{50}P_{50}$  недостоверны.

Результаты анализа влияния условий рельефа и минеральных удоб-

рений на урожайность ячменя, а также экономической эффективности удобрений, позволили разработать дифференцированный подход к проведению азотной подкормки растений в фазу 2-3 листьев: дозу  $N_{25}$  надо применять в транзитном и аккумулятивном микроландшафтах северного склона,  $N_{50}$  – на остальных элементах рельефа.

Дифференцированное применение удобрений в склоновом агроландшафте не снижает продуктивность посева, способствует повышению условно чистого дохода на 78-403 руб./га, рентабельности на 2,6-7,5%, снижению себестоимости 1 т продукции на 16-68 руб./т (табл. 5).

Таблица 5 - Экономическая эффективность дифференциации системы удобрения ярового ячменя в склоновом агроландшафте. Среднее за 2001-2002 гг.

Доза удобрений в прикорневой подкормке	Урожайность, т/га	Стоимость продукции, руб./га	Всего затрат, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Рентабельность, %	Себестоимость продукции, руб./т
$N_{25}$	3,70	6462	4397	2065	46,7	1214
$N_{50}$	4,01	7019	4629	2390	51,6	1162
Дифференцированная	4,02	7031	4563	2468	54,2	1146

### Заключение

При возделывании ярового ячменя на кормовые цели на черноземе обыкновенном с уклоном поля до  $2^0$  необходимо на фоне припосевного внесения 100 кг/га аммофоса проводить прикорневую азотную подкормку растений в фазу 2-3 листьев дозой 25 кг/га д.в. в транзитной и аккумулятивной частях северного склона и дозой 50 кг/га – в остальных микроландшафтах северного и южного склонов.

## Литература

1. Агафонов Е.В. Оптимизация питания и удобрение культур полевого севооборота на карбонатном черноземе. М.: Изд-во МСХА, 1992. 160 с.
2. Агафонов Е.В., Полуэктов Е.В. Почвы и удобрения в Ростовской области. пос. Персиановский., 1999. 87с.
3. Бабаян Л.А., Протопопов В.М. Плодородие светло-каштановой почвы на различных элементах рельефа //Почвоведение. 1997. N 10. С.1456-1561.
4. Балакшина В.И., Кононов М.В. Рельеф и урожайность сельскохозяйственных культур //Земледелие. 1998. №2. с. 14.
5. Баранов Н.Н. Основные элементы методики определения экономической эффективности удобрений // Химия в сельском хозяйстве. 1966. № 9. С. 63 – 67.
6. Бельтюков Л.П. Агротехнические основы реализации потенциальной продуктивности сортов зерновых культур на обыкновенных черноземах: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. -Зерноград, 1996. 36 с.
7. Влияние рельефа, экспозиции склонов на эффективность удобрений и урожайность культур в Центральном черноземном экономическом районе / Явтушенко В.Е., Наконечная М.А., Рындач Л.П., Солдат И.Е. //Агрохимия. 1994. N 6. С.67-74.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: ВО Агропромиздат, 1988. 238 с.
9. Константинова, Т.С. Агроклиматические ресурсы территорий со сложным рельефом: Автореф. дисс...д. с.-х. н. М., 1992. 38 с.
10. Лучицкая О.А., Башкин В.Н. Плодородие почв и рельеф. //Агрохимия. 1995. N 6. С.52-56.
11. Наконечная М.А. Явтушенко В.Е. Различия агрохимических условий на склонах северной и южной экспозиций ЦЧО //Почвоведение. 1988. N 10. С.27-36.
12. Полуэктов Е.В. Водный режим аграрных ландшафтов юга России. Новочеркасск, 1998. 175 с.
13. Чуян Г.А., Ермаков В.В., Чуян С.И. Агрохимические свойства типичного чернозема в зависимости от экспозиции склона //Почвоведение. 1987. N 12. С.39-46.
14. Юдин Ф.А. Методика агрохимических исследований. М.: Колос, 1980. 366 с.