

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ ФОНОВ ПИТАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Л. Б. КАРЕНГИНА,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,

Ю. Л. БАЙКИН,

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой,

Уральский государственный аграрный университет

(620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42)

**Ключевые слова:** темно-серая лесная почва, ячмень, пшеница, фон питания, продуктивность, биологическая эффективность.

В микрополевых опытах на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве изучали влияние различных фонов питания на продуктивность и биологическую эффективность удобрения ячменя и пшеницы. Состояние минерального питания растений и эффективность удобрений оценивали по следующим параметрам: степень потребления растениями элементов (коэффициент эффективности потребления – КЭП); окупаемость внесенного (агронимическая эффективность – АЭ); потребленного растениями (физиологическая эффективность – ФЭ); коэффициент биологического накопления – КБН. Урожайность пшеницы на минеральном фоне увеличивается на 52 %, на органоминеральном на 62 %, ячменя на 45 и 48 %, соответственно, по сравнению с экстенсивным фоном. Несмотря на то, что разница в урожаях зерновых культур между минеральным и органоминеральным фоном незначительна и находится в пределах статистической погрешности, как по ячменю, так и по пшенице, показатели биологической эффективности выше на органоминеральном фоне питания. Вынос элементов питания с урожаем несколько выше в варианте с применением минеральных и органических удобрений: азота на 8,3, фосфора – на 3,7, калия – на 4,7 кг по сравнению с минеральным фоном питания. Величина прибавки урожая по отношению к контролю не всегда позволяет оценить эффективность удобрений. Более полную информацию дает расчет биологической эффективности применения удобрений. При удобрении ячменя физиологическая эффективность больше на фоне минерального питания, а коэффициент эффективного поглощения – на органоминеральном. Следует отметить, что коэффициент биологического накопления на обоих фонах удобрения практически одинаков.

## EFFICIENCY OF DIFFERENT BACKGROUNDS OF CULTIVATION OF GRAIN CROPS

L. B. KARENGINA,

candidate of agricultural sciences, associate professor,

Y. L. BAYKIN,

candidate of agricultural sciences, associate professor, head of department,

Ural State Agrarian University

(42 K. Liebknechta, 620075, Ekaterinburg)

**Keywords:** dark-gray forest soil, barley, wheat, food background, product of biological effectiveness.

In microfield experiments on dark gray forest heavy loamy soil we studied the effect of different food backgrounds on efficiency and effectiveness of the biological fertilizer barley and wheat. Status of mineral nutrition of plants and fertilizer efficiency was evaluated by the following parameters: the degree of consumption by plants elements (rate of consumption efficiency – CEP); return without saving (agronomic efficiency – AE); consumed plants (physiological efficiency – PV); bio-accumulation factor – CBN. Wheat yield on mineral background increases by 52 % to 62 %, organo barley – at 45 and 48 %, respectively, compared to the extensive background. Despite the fact that the difference in yields between the mineral grains and organic background is negligible and is within statistical error, both for barley and wheat, biological indicators of the effectiveness are higher for the organic-food background. Removal of nutrients with the crop is somewhat higher in the embodiment with mineral and organic fertilizer: nitrogen – 8.3, phosphorus – 3.7, potassium – 4.7 kg, compared with the background mineral nutrition. The magnitude of yield increase compared to control doesn't always allow to assess the effectiveness of fertilizers. Calculation of the biological effectiveness of the use of fertilizers provides more information. When fertilizer barley physiological efficiency more on the background of mineral nutrition, and effective absorption coefficient on organomineral. It should be noted that the coefficient accumulation in both biological fertilizer backgrounds virtually identical.

*Положительная рецензия представлена В. А. Рассыпновым, доктором биологических наук, профессором Алтайского государственного аграрного университета.*

Стратегической целью продовольственной безопасности России является надежное обеспечение населения качественной сельскохозяйственной продукцией и сырьем. Большое значение при этом отводится производству продовольственного и фуражного зерна (обеспеченность зерном собственного производства должна быть не менее 95 %).

Яровая пшеница – важнейшая продовольственная и фуражная культура. В рационе хлебные изделия могут обеспечивать 40 % калорийности, от 40 до 50 % суточной потребности человека в белках и углеводах и почти 100 % незаменимых аминокислот. Незаменимые аминокислоты играют важную роль не только в питании человека, но и в рационе животных. Поступают в организм животных они только с кормами, а их недостаток ведет к перерасходу кормов и удорожанию продукции. Зерно яровой пшеницы входит в состав комбикорма для крупного рогатого скота, свиней, птицы.

Ячмень используется в народном хозяйстве как продовольственная, кормовая и техническая культура. Из его зерна готовят различные крупы, солодовые экстракты, пиво и другие пищевые продукты. Но свыше 90 % производимого зерна ячменя расходуется на нужды животноводства.

При этом важно иметь зерно с определенными биохимическими и питательными свойствами (повышенное содержание белка, полисахаридов и др.), чтобы получить сбалансированный корм для животных при меньших протеиновых и прочих добавках. Ячмень как зернофуражная культура занимает второе место после пшеницы [2, 4].

Многочисленными опытами установлено, что химический состав и технологические качества хлебных злаков зависят не только от сорта, почвенно-климатических условий, но и от приемов возделывания культур, в частности, от условий минерального питания. Яровая пшеница является культурой, требующей высокого почвенного плодородия: не переносит кислотности и засоленности, повышенного содержания подвижного алюминия.

Для получения стабильных урожаев пшенице необходимо постоянное наличие в почве соединений азота, фосфора и калия в доступной для поглощения форме, поэтому эта культура очень отзывчива на внесение минеральных и органических удобрений [3, 4, 8, 10, 11].

Ячмень характеризуется коротким вегетационным периодом, поэтому оптимальное обеспечение всеми элементами питания этой культуры должно быть с самых ранних периодов роста. Любые нарушения в режиме питания в дальнейшем исправить и компенсировать уже невозможно. Ячмень и пшеница негативно реагируют на загазованность воздуха, резко снижая продуктивность [5, 7].

Ячмень, как и пшеница, хорошо использует внесимые удобрения. При этом совместное применение органических и минеральных удобрений дает лучший эффект по сравнению с их отдельным внесением [1, 2].

В учхозе УрГАУ были проведены микрополевые опыты, целью которых являлось изучение влияния различных фонов питания на продуктивность ячменя и пшеницы.

Задачи опыта:

- определить влияние фона питания на продуктивность растений, вынос элементов питания;
- изучить изменение биологической эффективности применения удобрений.

**Методика исследований.** Микрополевой опыт по изучению влияния фонов питания на продуктивность культур закладывали в сосудах без дна (15 × 15 × 30 см), вмещающих 7 кг воздушно-сухой почвы. Опыт с пшеницей и ячменем проводили на темно-серой лесной почве тяжелосуглинистого гранулометрического состава. В сосуд высеивали 20 зерен, глубина заделки 6 см. Учет урожая производили по 15 растениям в фазе полной спелости.

Агрохимический анализ почв вели методами, рекомендованными для условий Среднего Урала: обменная кислотность – рН солевой вытяжки, гидролитическая кислотность по методу Каппена, сумма обменных оснований по методу Каппена – Гильковица, гумус по методу Тюрина. Содержание легкогидролизуемого (щелочерастворимого) азота определяли по методу Корнфилда, фосфора и калия – по методу Кирсанова в вытяжке 0,2н НСl, с последующим определением фосфора колориметрически, калия – фотометрически.

Химический состав растений определяли после мокрого озоления смесью серной и хлорной кислот по методике Гинзбург – Щегловой. Определение общего азота вели колориметрически с реактивом Несслера, фосфора – колориметрически, калия – на пламенном фотометре.

Реакция почвы слабокислая, насыщенность основаниями высокая. Степень обеспеченности азотом – средняя, фосфором и калием – повышенная. Балл окультуренности – 74, группа почв – освоенные. Но почва нуждается в проведении ряда мероприятий по повышению и поддержанию плодородия [6].

Схема опыта и система удобрения. Опыт по изучению влияния различных фонов питания на продуктивность ячменя и пшеницы закладывали по схеме:

1. Фон питания без удобрений (экстенсивный).
2. Фон питания минеральный.
3. Фон питания органоминеральный.

Повторность в опыте пятикратная. Варианты опыта с удобрениями (2 и 3) равны по содержанию элементов питания.

Доза минеральных удобрений под пшеницу (вариант 2) по 90 кг д. в. на га азота, фосфора и калия, для ячменя по 60 кг. Органические удобрения (полуперепревший навоз) вносили в дозе 10 т/га.

Агрономическую и биологическую эффективность применения удобрений рассчитывали по методике, описанной в литературе [9].

Состояние минерального питания растений и эффективность удобрений оценивали следующими параметрами:

- степень потребления растениями элементов (коэффициент эффективности потребления – КЭП);
  - окупаемость внесенного (агрономическая эффективность – АЭ);
  - потребленного растениями (физиологическая эффективность – ФЭ);
  - коэффициент биологического накопления – КБН.
- Расчеты вели по формулам:

$$КЭП = [(B_{вар} - B_{контр}) / D] \times 100, \quad (1)$$

где КЭП – коэффициент эффективности поглощения питательного вещества удобрениями растениями, % к дозе;

$B_{вар}$  и  $B_{контр}$  – вынос (хозяйственный) элемента питания в варианте с удобрениями и в контроле;

$D$  – доза питательного вещества, внесенного с удобрениями.

$$АЭ = (Y_{вар} - Y_{контр}) / D, \quad (2),$$

где АЭ – агрономическая эффективность;

$Y_{вар}$  и  $Y_{контр}$  – урожай основной продукции в варианте с удобрениями и в контроле;

$D$  – доза действующего вещества удобрений.

$$ФЭ = (Y_{вар} - Y_{контр}) / (B_{вар} - B_{контр}), \quad (3),$$

где ФЭ – физиологическая эффективность;

$Y_{вар}$  и  $Y_{контр}$  – урожай основной продукции в варианте с удобрениями и в контроле;

$B_{вар}$  и  $B_{контр}$  – вынос (хозяйственный) элемента питания в варианте с удобрениями и в контроле.

$$КБН = (B / C), \quad (4),$$

где КБН – коэффициент биологического накопления;

$B$  – вынос питательного элемента, кг/га;

$C$  – запасы подвижной формы элемента, кг/га.

**Результаты исследований.** Минеральные удобрения, как в чистом виде, так и при совместном внесении с органическими, создают более благоприятные условия для роста и развития яровой пшеницы, что положительно сказывается на ее продуктивности (табл. 1).

Урожайность пшеницы на минеральном фоне питания увеличивается на 52 % по сравнению с экстенсивным фоном. Совместное внесение минеральных и органических удобрений способствует возрастанию урожайности пшеницы, разница по отношению

Таблица 1

**Урожайность и вынос элементов питания пшеницей в зависимости от фона питания**

Table 1

**Yield and element yield of wheat depending on the nutrient background**

Фон питания <i>Nutrient background</i>	Урожайность, ц/га <i>Yield, c/ha</i>	Хозяйственный вынос, кг/га <i>Economic yield, kg/ha</i>		
		Азот <i>Nitrogen</i>	Фосфор <i>Phosphorus</i>	Калий <i>Potassium</i>
Экстенсивный <i>Extensive</i>	25,5	73,8	23,1	42,3
Минеральный <i>Mineral</i>	39,7	128,4	40,9	77,8
Органоминеральный <i>Organomineral</i>	41,3	135,7	44,6	82,5

Таблица 2

**Агрономическая и биологическая эффективность различных фонов питания пшеницы**

Table 2

**Agronomic and biological effectiveness of different nutrient backgrounds for wheat**

Элемент питания <i>Nutrition element</i>	Минеральный <i>Mineral</i>				Органоминеральный <i>Organomineral</i>			
	АЭ, кг/кг д. в. <i>AE, kg/kg (agronomic efficiency)</i>	ФЭ <i>FE (physiological efficiency)</i>	КЭП, % <i>CEC (consumption efficiency coefficient), %</i>	КБН <i>BAC (biological accumulation coefficient)</i>	АЭ, кг/кг д. в. <i>AE, kg/kg (agronomic efficiency)</i>	ФЭ <i>FE (physiological efficiency)</i>	КЭП, % <i>CEC (consumption efficiency coefficient), %</i>	КБН <i>BAC (biological accumulation coefficient)</i>
Азот <i>Nitrogen</i>	15,8	26,0	61,0	0,28	17,5	25,0	69,0	0,30
Фосфор <i>Phosphorus</i>	15,8	80,0	20,0	0,11	17,5	73,0	24,0	0,12
Калий <i>Potassium</i>	15,8	40,0	39,0	0,17	17,5	39,0	45,0	0,19

Таблица 3  
Влияние фона питания на урожайность ячменя и вынос элементов питания  
Table 3

Influence of the nutrient background on barley yield and element yield

Фон питания <i>Nutrient background</i>	Урожайность, ц/га <i>Yield, c/ha</i>	Хозяйственный вынос, кг/га <i>Economic yield, kg/ha</i>		
		Азот <i>Nitrogen</i>	Фосфор <i>Phosphorus</i>	Калий <i>Potassium</i>
Экстенсивный <i>Extensive</i>	34,4	78,6	35,2	68,1
Минеральный <i>Mineral</i>	50,0	124,2	55,4	100,5
Органоминеральный <i>Organomineral</i>	51,0	129,4	57,6	103,9

Таблица 4  
Биологическая эффективность применения удобрений под ячмень  
Table 4  
Biological efficiency of fertilizers for barley

Элемент питания <i>Nutrition element</i>	Минеральный <i>Mineral</i>				Органоминеральный <i>Organomineral</i>			
	АЭ, кг/кг д. в. <i>AE, kg/kg (agronomic efficiency)</i>	ФЭ <i>FE (physiological efficiency)</i>	КЭП, % <i>CEC (consumption efficiency coefficient), %</i>	КБН <i>BAC (biological accumulation coefficient)</i>	АЭ, кг/кг д. в. <i>AE, kg/kg (agronomic efficiency)</i>	ФЭ <i>FE (physiological efficiency)</i>	КЭП, % <i>CEC (consumption efficiency coefficient), %</i>	КБН <i>BAC (biological accumulation coefficient)</i>
Азот <i>Nitrogen</i>	26,0	34,0	76,0	0,27	28,0	33,0	85,0	0,28
Фосфор <i>Phosphorus</i>	26,0	77,0	34,0	0,15	28,0	74,0	37,0	0,16
Калий <i>Potassium</i>	26,0	48,0	54,0	0,22	28,0	47,0	59,0	0,23

к экстенсивному фону достигает в этом варианте 62 %. Оба фона с удобрениями обеспечивают практически одинаковую урожайность яровой пшеницы. Вынос элементов питания с урожаем несколько выше в варианте с применением минеральных и органических удобрений: азота – на 8,3, фосфора – на 3,7, калия – на 4,7 кг по сравнению с минеральным фоном питания. Величина прибавки урожая по отношению к контролю не всегда позволяет оценить эффективность удобрений. Более полную информацию дает расчет биологической эффективности применения удобрений. В табл. 2 приведены данные по агрономической, физиологической эффективности применяемых удобрений, а также коэффициенты биологического поглощения и накопления.

Агрономическая эффективность показывает окупаемость внесенного элемента с удобрениями прибавкой урожая основной продукции. Так как дозы элементов питания под пшеницу равные, то и окупаемость их одинакова: каждый килограмм азота, фосфора и калия дает прибавку урожая на минеральном фоне 15,8 кг.

Показателем, характеризующим участие (вклад) элемента в увеличение урожая культуры, является физиологическая эффективность. Она отражает активность поглощения и степень включения элемента в биохимические процессы. По физиологической

эффективности можно судить об окупаемости поглощенного растением элемента питания прибавкой урожая основной продукции. Иными словами – сколько килограмм прибавки урожая приходится на килограмм выноса элемента. Самая высокая активность поглощения на минеральном фоне питания отмечена по фосфору, килограмм выноса которого окупается 80 кг зерна. Следует отметить, что использование фосфорных удобрений (КЭП) ниже, чем азотных и калийных: 20 % от внесенной дозы, в то время как азотных – 61 %, калийных – 39 %. Для фосфора характерен самый низкий коэффициент биологического накопления (КБН), равный 0,11.

На органоминеральном фоне питания пшеницы отмечено небольшое увеличение агрономической эффективности (17,5 кг), использования элементов из удобрений (69, 24, 45 %) и биологического накопления, но незначительное падение физиологической эффективности.

Урожайность ячменя на изучаемых фонах питания выше, чем пшеницы (табл. 3)

Прирост урожая ячменя в варианте минерального фона питания составляет 15,6 ц/га, а органоминерального – 16,6. Вынос азота на минеральном фоне возрос на 45,6 кг/га, фосфора – 20,2, калия – 32,4 по отношению к экстенсивному фону питания. С увеличением урожайности в варианте с внесением ор-

ганических и минеральных удобрений вырос вынос азота, фосфора и калия ячменем.

Расчеты биологической эффективности применения удобрений под ячмень представлены в табл. 4.

Так как соотношение азота, фосфора и калия в удобрении ячменя равно 1:1:1 агрономическая эффективность их одинакова: 26 кг на кг д. в. на минеральном фоне питания и 28 кг – на органоминеральном. Коэффициент эффективности поглощения азота на органоминеральном фоне питания на 9 % выше,

чем на минеральном. Что касается фосфора, то фон питания различаются по физиологической эффективности (на минеральном фоне этот показатель выше) и коэффициенту эффективности поглощения (34 % на минеральном и 37 % на органоминеральном). Коэффициент эффективности поглощения калия выше на органоминеральном фоне (59 % против 54 % на минеральном). Остальные показатели биологической эффективности фон питания практически одинаковы.

### Литература

1. Володина Т. И., Корякина А. И. Влияние органических систем удобрения на азотный режим дерново-подзолистой почвы и продуктивность севооборота в условиях Северо-Запада // *Агрохимия*. 2010. № 8. С. 24–30.
2. Володина Т. И., Макарова А. И. Влияние систем удобрения на содержание подвижного фосфора и обменного калия в дерново-подзолистых почвах // *Агрохимия*. 2010. № 9. С. 31–35.
3. Зезин Н. Н., Намятов М. А. Пути инновационного развития растениеводства // *Аграрный вестник Урала*. 2009. № 5. С. 54.
4. Зезин Н. Н., Семин А. Н., Огородников Л. П. и др. Яровой ячмень и пшеница на Среднем Урале : монография. Екатеринбург, 2010. 284 с.
5. Каренгина Л. Б. Агрохимические методы защиты растений от фторидного загрязнения // *Актуальные проблемы сохранения и развития биологических ресурсов : мат. междунар. науч.-практ. конф.* 2015. С. 118–122.
6. Каренгина Л. Б., Байкенова Ю. Г. К методике расчета комплексного агрохимического окультуривания полей // *Аграрный вестник Урала*. 2016. № 8. С. 31–37.
7. Каренгина Л. Б., Байкин Ю. Л. Фтор в природе и его биологическое значение // *Стратегия развития российского аграрного образования и аграрной науки в XXI веке : мат. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию УрГСХА*. Екатеринбург, 2010. С. 95–104.
8. Лавриненко А. Н., Байкин Ю. Л., Огородников Л. П. Урожайность и качество зерна яровой пшеницы в зависимости от уровня минерального питания // *Аграрный вестник Урала*. 2011. № 5. С. 9–12.
9. Лебедева Т. Н., Семенов В. М. Эффективность применения минеральных удобрений под картофель при обычных и экстремальных гидротермических условиях вегетационного периода // *Агрохимия*. 2016. № 2. С. 51–59.
10. Огородников Л. П., Байкин Ю. Л., Силич А. Н. Влияние нормы высева и сроков сева на формирование урожая зерна яровой пшеницы на Среднем Урале // *Аграрный вестник Урала*. 2009. № 11. С. 67–69.
11. Постников П. А., Огородников Л. П., Павленкова Т. В. и др. Адаптивное земледелие на Среднем Урале: состояние, проблемы и пути их решения : монография. Екатеринбург, 2010. 338 с.

### References

1. Volodina T. I., Koryakina A. I. Influence of organic systems of fertilizer on the nitric mode of the cespitose and podsolic soil and productivity of a crop rotation in the conditions of the Northwest // *Agrochemistry*. 2010. № 8. P. 24–30.
2. Volodina T. I., Makarova A. I. Influence of systems of fertilizer on content of mobile phosphorus and exchange potassium in cespitose and podsolic soils // *Agrochemistry*. 2010. № 9. P. 31–35.
3. Zezin N. N., Namyatov M. A. Ways of innovative development of crop production // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2009. № 5. P. 54.
4. Zezin N. N., Syomin A. N., Ogorodnikov L. P. et al. Summer barley and wheat in Central Ural Mountains : monograph. Ekaterinburg, 2010. 284 p.
5. Karengina L. B. Agrochemical methods of protection of plants against fluoride pollution // *Urgent problems of preserving and development of biological resources : proc. of intern. scient. and pract. symp.* 2015. P. 118–122.
6. Karengina L. B., Baykenova Yu. G. On the method of calculation of a complex agrochemical cultivation of fields // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016. № 8. P. 31–37.
7. Karengina L. B., Baykin Yu. L. Fluorine in the nature and its biological value // *Development strategy of the Russian agrarian education and agrarian science in the XXI century : proc. of intern. scient. and pract. symp., devoted to the 70<sup>th</sup> anniversary of Ural State Agricultural Academy*. Ekaterinburg, 2010. P. 95–104.
8. Lavrinenko A. N., Baykin Yu. L., Ogorodnikov L. P. Yield and quality of grain of spring-sown field depending on the level of mineral food // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2011. № 5. P. 9–12.
9. Lebedeva T. N., Semenov V. M. Efficiency of use of mineral fertilizers under potatoes in case of usual and extreme hydrothermal conditions of the vegetative period // *Agrochemistry*. 2016. № 2. P. 51–59.
10. Ogorodnikov L. P., Baykin Yu. L., Silich A. N. Influence of a regulation of seeding and terms of sowing on forming of a grain yield of spring-sown field on Central Ural Mountains // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2009. № 11. P. 67–69.
11. Postnikov P. A., Ogorodnikov L. P., Pavlenkova T. V. et al. Adaptive agriculture on Central Ural Mountains: condition, problems and ways of their decision : monograph. Ekaterinburg, 2010. 338 p.