

6. Толстых А.С., Горшкова М.С., Антонова О.И. Преимущество органоминерального удобрения на основе помета птиц по сравнению с промышленными удобрениями // Производные хитозана и стимуляторы роста: матер. VII Межрег. науч.-практ. конф. – Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2012. – С. 36-41.

7. Горшкова М.С., Антонова О.И. Органоминеральное удобрение (ОМУ) на основе помета и его влияние на улучшение питательного режима почвы на разной глубине // Аграрная наука – сельскому хозяйству: матер. VII Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 кн. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2012. – Кн. II. – С. 138-140.

### References

1. Barsukov A.I., Antonova O.I. Lokalizatsiya udobreniy – vazhnyy faktor intensivatsii zemledeliya // V kn. Khimizatsiya narodnogo khozyaystva – uslovie uskoreniya nar. tekhn. prom. Ch. 2. – Barnaul, 1987. – S. 6-8.

2. Antonova O.I., Yeshchenko S.I., Yeshchenko Ye.G. Effektivnost mineralnykh i novykh organomineralnykh udobreniy pri vozdeystvii yarovoy pshenitsy na fone gerbitsidov // Sibirskiy vestnik selskokhozyaystvennoy nauki. – 2007. – № 5 (173). – S. 5-8.

3. Antonova O.I., Tolstykh A.S., Zhilyakov A.S. Izuchenie effektivnosti raznykh sostavov OМУ pri

vozdeystvii yarovoy pshenitsy // Agrarnaya nauka – selskomu khozyaystvu: mat. V Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 3 kn. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2010. – Kn. 1. – S. 439-442.

4. Antonova O.I., Tolstykh A.S., Stefankin M.P. Sravnitel'naya effektivnost vneseniya mineralnykh i organomineralnykh udobreniy na produktivnost lna maslichnogo v zasushlivykh usloviyakh // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2011. – No. 12 (86). – S. 20-23.

5. Antonova O.I., Tolstykh A.S., Zhilyakov A.S., Steshkov A.A. Ob effektivnosti organo-mineralnykh udobreniy iz ptichego pometa // Agrarnaya nauka – selskomu khozyaystvu: mat. VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 2 kn. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2011. – Kn. 2. – S. 14-17.

6. Tolstykh A.S., Gorshkova M.S., Antonova O.I. Preimushchestvo organo-mineralnogo udobreniya na osnove pometa ptits po sravneniyu s promyshlennymi udobreniyami // Proizvodnye khitozana i stimulyatory rosta: mat. VII mezhhreg. nauch.-prakt. konf. – Bysk: Izd-vo AltGTU, 2012. – S. 36-41.

7. Gorshkova M.S., Antonova O.I. Organomineralnoe udobrenie (ОМУ) na osnove pometa i ego vliyanie na uluchshenie pitatel'nogo rezhima pochvy na raznoy glubine // Agrarnaya nauka – selskomu khozyaystvu: mat. VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 3 kn. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2012. – Kn. 2. – S. 138-140.



УДК 579.64

А.Н. Бойко, М.Л. Сидоренко, Р.В. Тимошинов  
A.N. Boyko, M.L. Sidorenko, R.V. Timoshinov

## ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СООТНОШЕНИЕ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ РАЗЛИЧНЫХ ПО ТИПУ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ

### THE INFLUENCE OF LONG-TERM FERTILIZER APPLICATION ON ECOLOGICAL-TROPHIC MICROBIAL GROUPS RATIO OF DIFFERENT NITROGEN NUTRITION TYPES

**Ключевые слова:** лугово-бурьяе почвы, цикл азота, удобрения, почвенная микрофлора, аминогетеротрофы, аминоавтотрофы, азотфиксаторы, микробная протокооперация, почвенный азот, кислотность почвы.

**Keywords:** meadow-brown soil, nitrogen cycle, fertilizers, soil microflora, aminoheterotrophs, aminoautotrophs, nitrogen fixers, microbial protoocooperation, soil nitrogen, soil acidity.

В настоящее время возрастающие пищевые потребности населения требуют наращивания темпов сельскохозяйственного производства. С этой целью широко применяются различные типы удобрений. Данный агроприем помимо положительного влияния может иметь также негативные последствия на состояние почвенного микробиоценоза. Изучено влияние длительного (более 20 лет) применения различных удобрений на содержание азота и численность микробных групп, принимающих участие в круговороте азота. Схема опыта следующая: 1) контроль, без внесений; 2) внесение минеральных удобрений; 3) внесение минеральных удобрений с навозом и известью. Показано, что длительное внесение удобрений меняет соотношение аминогетеротрофов и аминоавтотрофов. Зафиксировано значительное уменьшение численности аминогетеротрофов и азотфиксаторов вместе с ростом численности аминоавтотрофной микрофлоры. На всех опытных участках отмечено уменьшение количества подвижного азота на фоне снижения численности микробного пула, принимающего участие в цикле азота.

The present-day growing food demands of the population require increased agricultural production rates. For this purpose, different fertilizers are widely applied. In addition to positive influence, this agronomic technique may also exert negative consequences on the state of soil microbiocenosis. The influence of long-term application of various fertilizers (over 20 years) on soil nitrogen content and abundance of microbial group involved nitrogen cycle was studied. The experimental design was as following: 1) control, no fertilizer application; 2) mineral fertilizer application; 3) mineral fertilizer application along with manure and lime. It was found that long-term fertilizer application changed the ratio of aminoheterotrophs and aminoautotrophs. Significant aminoheterotroph and nitrogen fixer numbers decreased along with increase of aminoautotroph microflora. In all trial plots, the reduction of available nitrogen amount was revealed against the background of the degradation of microbial pool involved in nitrogen cycle.

**Бойко Анастасия Николаевна**, аспирант, м.н.с., ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток. Тел.: (423) 231-04-10. E-mail: anastasia\_n.boyko@inbox.ru.

**Сидоренко Марина Леонидовна**, к.б.н., вед. н.с., ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток. Тел.: (423) 231-04-10. E-mail: sidorenko@biosoil.ru.

**Тимошинов Роман Витальевич**, к.с.-х.н., зав. отделом земледелия и агрохимии, ФНЦ агробиотехнологий Дальнего Востока им. А.К. Чайки ДВО РАН, г. Уссурийск. Тел.: (4234) 39-27-19. E-mail: fe.smc\_rf@mail.ru.

**Boyko Anastasiya Nikolayevna**, post-graduate student, Junior Staff Scientist, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of Rus. Acad. of Sci., Vladivostok. Ph.: (423) 231-04-10. E-mail: anastasia\_n.boyko@inbox.ru.

**Sidorenko Marina Leonidovna**, Cand. Bio. Sci., Leading Staff Scientist, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of Rus. Acad. of Sci., Vladivostok. Ph.: (423) 231-04-10. E-mail: sidorenko@biosoil.ru

**Timoshinov Roman Vitalevich**, Cand. Agr. Sci., Head, Agriculture and Agro-Chemistry Dept., Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of Far East of Far Eastern Branch of Rus. Acad. of Sci., Ussuriysk. Ph.: (4234) 39-27-19. E-mail: fe.smc\_rf@mail.ru.

## Введение

Особенностью развития современного сельского хозяйства является необходимость наращивания производства сельскохозяйственной продукции и восстановления почвенного плодородия. Обеспечение населения продовольствием связано с интенсивной эксплуатацией сельскохозяйственных земель, что требует постоянного применения минеральных удобрений [1].

Внесение минеральных удобрений позволяет значительно увеличить продуктивность сельскохозяйственных культур, однако при их многолетнем использовании все чаще проявляются отрицательные стороны: снижение качества продукции растениеводства, загрязнение окружающей среды, нарушение естественных механизмов вос-

становления почв [2]. Чаще всего, чтобы оценить влияние на почву того или иного фактора, используются агрохимические и физические свойства. Тем не менее наряду с продуктивностью и свойствами почвы показателем состояния агроценоза является структура микробиоценоза. Микроорганизмы – основные деструкторы органических остатков, принимают участие в образовании и деструкции гумуса, накоплении биологически активных веществ, а фиксация молекулярного азота атмосферы осуществляется только микроорганизмами. Отслеживая сдвиги в структуре и численности различных микробных групп, можно оценить динамику и направленность почвенных процессов и, следовательно, на ранних этапах зафиксировать и скорректировать возможные

негативные последствия различных агроприемов [3]. Цель работы – оценить изменение численности микроорганизмов – участников цикла азота и количества почвенного доступного азота вследствие многолетнего применения удобрений.

### Материалы и методы

Образцы почв отбирались в октябре 2015 г. на агрохимическом стационаре ФНЦ Агрохимии им. А.К. Чайки ДВО РАН, заложенном в 1941 г. Почва опытного участка лугово-бурая отбеленная тяжелосуглинистая. Низкая водопроницаемость и крайне неравномерное выпадение осадков приводит к временному (на 7-60 дней) избыточному увлажнению. Глубокое промерзание почвы зимой (до 2,6 м) и медленное позднее оттаивание весной обуславливают их низкую биологическую активность, особенно в начале вегетации, а из-за переувлажнения – и во второй половине вегетации. В зависимости от варианта опыта содержание гумуса варьирует от 2,68 до 3,51%, гидролитическая кислотность 2-6 мг-экв., сумма обменных оснований 14-20 мг-экв. на 100 г почвы, почвы среднекислые и близкие к нейтральным, pH солевой равен 5,9-6,2, обеспеченность фосфором от низкой до высокой – 10-161 мг/кг почвы, обеспеченность калием от средней до высокой – 103-240 мг/кг почвы. Мощность пахотного слоя – 20-22 см.

Для работы отобраны почвенные образцы: 1) контрольная, без внесений; 2) NPK, с ежегодным внесением минеральных удобрений по схеме  $N_{34}P_{36}K_{26}$ ; 3) NPK+, с ежегодным внесением минеральных удобрений, навоза (M) и извести (L) по схеме  $N_{34}P_{36}K_{26} M_3L_{0,3}$ , т/га. Размер делянок составлял 100 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная.

Определение численности микроорганизмов, принимающих участие в цикле азота (аминогетеротрофы, аминоавтотрофы и азотфиксаторы), проводили методом посева почвенной суспензии на плотные питательные среды [4]. Для определения количества микроорганизмов, использующих органические формы азота (аминогетеротрофов), использовали питательный агар (ПА) (ФБУН ГНЦ ПМБ, Россия), для микроорганизмов,

использующих минеральные формы азота (аминоавтотрофы), – неорганический крахмало-солевой агар (Inorganic Salt Starch Agar), HiMedia, India), для азотфиксирующих микроорганизмов – среду Эшби (Ashby's Glucose Agar, HiMedia, India). Все данные представлены в пересчете на массу воздушно-сухой почвы. Повторность трёхкратная.

Определение общего азота почвы проводили по методу Къельдаля [5], легкогидролизуемого (подвижного) азота – по методу Тюрина и Кононовой в модификации Кудеярова [6], количество нитратного азота – ионометрически (pH метра-иономер «Аквилон И-500», Россия) с использованием нитратселективного электрода.

Определение солевого pH почвы осуществляли в почвенной суспензии с использованием pH метра-иономера «Аквилон И-500» (Россия) [7].

### Результаты и обсуждение

В ходе исследования были получены данные об изменении количества микроорганизмов азотного цикла вследствие многолетнего внесения удобрений, что, в свою очередь, меняет направление процессов минерализации и накопления органического вещества в почве. На экспериментальных участках наблюдалось уменьшение количества аминокетотрофной и азотфиксирующей микрофлоры вместе с ростом численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, по сравнению с контролем.

Численность аминокетотрофных микроорганизмов в исследованных почвах составила  $10^9$ - $10^{10}$  КОЕ/г почвы (табл. 1). При этом на опытных делянках с внесением NPK и NPKML количество этих микроорганизмов уменьшилось в 6,3 и 3,8 раза соответственно, по сравнению с контролем.

Подобное распределение численности наблюдается также и для микроорганизмов, способных к фиксации азота. В почве участков с внесением NPK и NPKML количество азотфиксирующих микроорганизмов уменьшилось в 5,7 и 20 раз соответственно, по сравнению с почвами контрольных участков, и составило  $10^8$ - $10^9$  КОЕ/г почвы (табл. 1).

Количество микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (аминоавтотрофы), в опытных почвах с внесением NPK и NPKML увеличилось в 24 и 8,3 раза соответственно, по сравнению с контролем, и составило  $10^8$ - $10^9$  КОЕ/г почвы (табл. 1).

Результатом длительной агрогенной нагрузки на опытные почвы посредством внесения NPK и NPKML стало снижение численности микробного пула, участвующего в трансформации соединений азота в исследованных почвах (суммы аминокетотрофов и аминоавтотрофов), в 4,5 и 2,1 соответственно. Как отмечают М.К. Зинченко с соавторами [7], подобные изменения на высокоинтенсивном минеральном фоне также коррелируют с уменьшением содержания нитратного азота. Так, количество нитратного, подвижного и общего азота в почвах опытных делянок было значительно ниже, чем в почвах контрольных делянок (табл. 2). Вероятно, это также связано с уменьшением численности азотфиксирующей микрофлоры, так как почвы богатые азотфиксаторами пополняются органическим азотом, ассимилированным в микробную плазму, что способствует увеличению общих ресурсов этого элемента.

Важно отметить, что суммы аминокетотрофов и аминоавтотрофов в почвах опытных делянок значительно различались. Этот показатель в почве NPKML в 2,2 раза больше, чем в почвах, получавших только минеральные удобрения. Из-

вестно, что внесение в почву навоза индуцирует увеличение численности аминокетотрофной микрофлоры, которая осуществляет начальные этапы минерализации поступающих азотсодержащих соединений [8]. В процессе разложения органического вещества аминокетотрофами в почве формируются не только конечные продукты распада:  $CO_2$ ,  $H_2S$  и  $NH_3$ , но и значительное количество промежуточных продуктов, таких как пептоны, аминокислоты и др., которые в свою очередь потребляются другими микроорганизмами в процессе их жизнедеятельности [9]. В почве делянок с внесением минеральных удобрений совместно с навозом и известью количество аминокетотрофов и микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, различается незначительно, при этом численность азотфиксаторов значительно ниже. Возможно, в ходе протокооперации между аминокетотрофами и аминоавтотрофами большая часть выделяемых первой группой микроорганизмов промежуточных продуктов, возникающих в результате разложения органического вещества навоза, потребляется аминокетотрофами. Азотфиксация как процесс очень энергоемкий в значительной степени зависит от обеспеченности микроорганизмов органическим веществом, которое они получают либо с корневыми выделениями растений, либо при разложении попадающих в почву органических остатков.

Таблица 1

*Численность и групповой состав микроорганизмов в исследуемых почвах (КОЕ/1 г почвы)*

Вариант опыта	Аминоавтотрофы	Аминокетотрофы	Азотфиксаторы	Сумма аминокетотрофов и аминоавтотрофов
Контроль	$7,5 \times 10^8$	$2,7 \times 10^{10}$	$3,2 \times 10^9$	$2,8 \times 10^{10}$
NPK	$1,8 \times 10^9$	$4,3 \times 10^9$	$5,6 \times 10^8$	$6,1 \times 10^9$
NPKML	$6,2 \times 10^9$	$7,1 \times 10^9$	$1,6 \times 10^8$	$1,3 \times 10^{10}$

Таблица 2

*Значения pH и количества азота в исследуемых почвах*

Вариант опыта	pH	Легкогидролизующий азот, мг/кг	Нитратный азот, мг/кг	Общий азот, %
Контроль	$4,7 \pm 0,1$	$85 \pm 9$	$26,9 \pm 5,4$	$0,23 \pm 0,02$
NPK	$4,4 \pm 0,1$	$74 \pm 8$	$10,2 \pm 2,0$	$0,17 \pm 0,02$
NPKML	$5,4 \pm 0,1$	$71 \pm 8$	$8,9 \pm 2,7$	$0,10 \pm 0,01$

Таким образом, азотфиксирующие микроорганизмы в почве делянок NPKML могут испытывать дефицит питательных веществ необходимых для их роста. На данных делянках зафиксировано минимальное количество азотфиксаторов.

Внесение NPKML привело к значительному увеличению рН, а внесение минеральных удобрений без извести снизило его значение. Большая часть минеральных удобрений является физиологически кислыми, поэтому их длительное применение часто сопровождается подкислением почв [10]. Увеличение кислотности почв является одним из факторов, приводящих к снижению в них численности бактериальной флоры и биологической активности [11]. Однако общее количество микроорганизмов азотного цикла на контрольных участках в 2,8 раз выше, чем на участках с NPKML, и в 5,7 раз, чем на участках с внесением NPK.

Исходя из этого можно сказать, что кислотность почвы не главный фактор, лимитирующий рост микроорганизмов азотного цикла, и критерии ограничения роста и развития бактерий гораздо шире.

Ч. Ванг и соавторы [12] отметили, что помимо рН почвы важны также питательные вещества почвы. Таким образом, рН почвы не может быть основным фактором, снижающим численность почвенных микроорганизмов.

Также нет единого мнения о влиянии негашеной извести на микробное сообщество. Так, Дж. Зенг и соавторы [13] сообщили, что после увеличения рН почвы, вследствие добавления негашеной извести, не наблюдается роста количества азотфиксирующих микроорганизмов. В такой же ситуации Ч. Ванг с соавторами [12] указывают на значительное увеличение численности азотфиксаторов, наблюдаемое после добавления негашеной извести. В нашем эксперименте прирост количества микроорганизмов, участвующих в цикле азота, при обработке NPKML не был зафиксирован, напротив, численность азотфиксаторов на участке NPKML была в 3,5 раза меньше, чем на делянках NPK. Ранее сообщалось, что источник азота необходим для роста и метаболизма

организмов, но азотное обогащение обычно приводит к снижению численности азотфиксаторов в почве [14].

### Заключение

В ходе проделанной работы было обнаружено значительное изменение численности и соотношения исследованных микробных групп, а также количества почвенного доступного азота на фоне многолетнего внесения удобрений. На всех опытных участках зафиксировано снижение численности микробного пула, участвующего в трансформации соединений азота. Минимальная численность этих микроорганизмов отмечена на NPK участках. На основе представленных результатов можно сделать заключение, что одним из факторов, влияющих на уменьшение количества доступного азота в почве экспериментальных участков, является угнетение аминокетотрофной и азотфиксирующей микрофлоры при одновременном росте численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота. Такие изменения в структуре почвенного микробиоценоза напрямую влияют на природный азотистый обмен в почвах и в дальнейшем могут негативно отразиться на общем минеральном балансе почвы.

### Библиографический список

1. Алещенкова З.М., Сафронова Г.В., Мельникова Н.В., Есенбаева А.Е., Тен О.А. Азотфиксирующие и фосфатмобилизующие бактерии для стимуляции роста сельскохозяйственных культур // Вестник Башкирского университета. – 2015. – № 1. – Т. 20. – С. 82-86.
2. Потатуева Ю.А. Эколого-агрохимическая оценка фосфорных и фосфорсодержащих удобрений в длительных полевых опытах // Агрохимия. – 2013. – № 6. – С. 83-94.
3. Гомонова Н.Ф., Зенова Г.М. Микроорганизмы как показатели состояния агроэкосистемы при длительном применении комплекса удобрений и в их последствии // Экологическая агрохимия. – М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 2008. – С. 140-151.
4. Зенова Г.М., Степанов А.Л., Лихачева А.А., Манучарова Н.А. Практикум по биологии почв. –



- М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 2002. – 120 с.
5. Pansu M., Gautheyrou J. (2006) Handbook of Soil Analysis. Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Springer-Verlag Berlin. 993 p.
  6. Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 2001. – 689 с.
  7. Зинченко М.К., Стоянова Л.Г., Щукин И.М. Количественная оценка микробного сообщества, трансформирующего соединения азота, в агроценозах серой лесной почвы // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 4. – С. 17-19.
  8. Зинченко М.К., Бибики Т.С., Стоянова Л.Г. Влияние систем удобрений на структуру и изменение отдельных физиологических групп микроорганизмов в серой лесной почве Владимирского ополья // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 12-3. – С. 552-557.
  9. Бариева Э.Р., Королев Э.А., Егорова Е.С. Микробиологическая характеристика золошлаковых отходов Кировского золоотвала Казанской ТЭЦ-2 // Проблемы энергетики. – 2010. – № 7-8. – С. 124-133.
  10. Замотаева Н.А., Давыдов М.А. Влияние длительного применения средств химизации на физико-химические свойства и продуктивность чернозема выщелоченного в условиях лизиметрического опыта // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 1 (135). – С. 60-64.
  11. Звягинцев Д.Г., Бабьева И.Л., Зенова Г.М. Биология почв. – М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 2005. – 445 с.
  12. Wang C., Zheng M., Song W., Wen S., Wang B., Zhu C., et al. (2017). Impact of 25 years of inorganic fertilization on diazotrophic abundance and community structure in an acidic soil in southern China. *Soil Biol. Biochem.* 113: 240-249.
  13. Zeng J., Liu X., Song L., et al. (2016). Nitrogen fertilization directly affects soil bacterial diversity and indirectly affects bacterial community composition. *Soil Biology and Biochemistry.* 92: 41-49.
  14. Pereira E Silva M.C., Schloter-Hai B., Schloter M., van Elsas J.D., Salles J.F. (2013). Temporal dynamics of abundance and composition of nitrogen-fixing communities across agricultural soils. *PLoS One.* 8 (9).

### References

1. Aleshchenkova Z.M., Safronova G.V., Melnikova N.V., Yesenbaeva A.Ye., Ten O.A. Azotifiksirovushchie i fosfatmobilizuyushchie bakterii dlya stimulyatsii rosta selskokhozyaystvennykh kultur // Vestnik Bashkirskogo universiteta. – 2015. – No. 1. – T. 20. – S. 82-86.
2. Potatueva Yu.A. Ekologo-agrokhimicheskaya otsenka fosfornykh i fosforsoderzhashchikh udobreniy v dlitelnykh polevykh opytakh // Agrokhimiya. – 2013. – No. 6. – S. 83-94.
3. Gomonova N.F., Zenova G.M. Mikroorganizmy kak pokazateli sostoyaniya agroekosistemy pri dlitelnom primeneni kompleksa udobreniy i v ikh posledeystvii // Ekologicheskaya agrokhimiya. – M.: Izd. MGU im. M.V. Lomonosova, 2008. – S. 140-151.
4. Zenova G.M., Stepanov A.L., Likhacheva A.A., Manucharova N.A. Praktikum po biologii pochv. – M.: Izdatelstvo MGU im. M.V. Lomonosova, 2002. – 120 s.
5. Pansu M., Gautheyrou J. (2006) Handbook of Soil Analysis. Mineralogical, Organic and Inorganic Methods. Springer-Verlag Berlin. 993 p.
6. Mineev V.G. Praktikum po agrokhimii. – 2-е изд. М.: Издательство МГУ им. М.В. Ломоносова, 2001. – 689 с.
7. Zinchenko M.K., Stoyanova L.G., Shchukin I.M. Kolichestvennaya otsenka mikrobnogo soobshchestva, transformiruyushchego soedineniya azota, v agrotsenozakh seroy lesnoy pochvy // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2013. – No. 4. – S. 17-19.
8. Zinchenko M.K., Bibik T.S., Stoyanova L.G. Vliyanie sistem udobreniy na strukturu i izmenenie otdelnykh fiziologicheskikh grupp mikroorganizmov v seroy lesnoy pochve Vladimirovskogo opolya // Fundamentalnye issledovaniya. – 2014. – No. 12-3. – S. 552-557.
9. Barieva E.R., Korolev E.A., Yegorova Ye.S. Mikrobiologicheskaya kharakteristika zoloshlakovykh otkhodov Kirovskogo zolootvala Kazanskoй TETs-2 // Problemy energetiki. – 2010. – No. 7-8. – S. 124-133.
10. Zamotaeva N.A., Davydov M.A. Vliyanie dlitel'nogo primeneniya sredstv khimizatsii na fiziko-

khimicheskie svoystva i produktivnost chernozema v yshchelochennogo v usloviyakh lizimetricheskogo opyta // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 1 (135). – S. 60-64.

11. Zvyagintsev D.G., Babeva I.L., Zenova G.M. *Biologiya pochv.* – M.: MGU im. M.V. Lomonosova, 2005. – 445 s.

12. Wang C., Zheng M., Song W., Wen S., Wang B., Zhu C., et al. (2017). Impact of 25 years of inorganic fertilization on diazotrophic abundance and

community structure in an acidic soil in southern China. *Soil Biol. Biochem.* 113: 240-249.

13. Zeng J., Liu X., Song L., et al. (2016). Nitrogen fertilization directly affects soil bacterial diversity and indirectly affects bacterial community composition. *Soil Biology and Biochemistry.* 92: 41-49.

14. Pereira E Silva M.C., Schloter-Hai B., Schloter M., van Elsas J.D., Salles J.F. (2013). Temporal dynamics of abundance and composition of nitrogen-fixing communities across agricultural soils. *PLoS One.* 8 (9).



УДК 633/635:57.045(571.150) **Е.Г. Ещенко, С.И. Ещенко, В.Л. Татаринцев, Л.М. Татаринцев**  
Ye.G. Yeshchenko, S.I. Yeshchenko, V.L. Tatarintsev, L.M. Tatarintsev

## ВАРИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ

### VARIATION OF AGRICULTURAL CROP YIELDS UNDER THE EFFECT OF VARIOUS FACTORS

**Ключевые слова:** урожайность сельскохозяйственных культур (пшеница, овёс, подсолнечник, гречиха), Алтайский край, гидротермические условия, гидротермический коэффициент (ГТК).

Хозяйственная продуктивность агроценоза, выраженная в урожае, зависит от основных факторов – метеорологических, почвенных условий, сорта культуры, технологии возделывания, предшественника и т.п. С целью направленного управления этими факторами важно определить реальную роль каждого из них и совокупного их действия на уровень хозяйственной продуктивности, который можно достичь в конкретных условиях возделывания культуры. Урожайность сельскохозяйственных культур колеблется в пределах одного поля. Это обусловлено неоднородностью почвенного покрова и свойств конкретной почвы. Многолетняя динамика урожайности зависит, кроме того, от погодных условий. В работе произведён анализ многолетних наблюдений (за 20 лет) урожайности преобладающих сельскохозяйственных культур (пшеница, овёс, подсолнечник, гречиха) в сухой степи Алтайского края. Динамика урожайности сельскохозяйственных культур находилась в прямой зависимости от гидротермических (погодных) условий. Урожайность яровой пшеницы с 1971 по 2003 гг. колебалась от 0,52 до 2,44 т/га. Три года из десяти её величина находилась на уровне 0,6-0,9 т/га, три года – на уровне 0,9-1,2 т/га, ещё три года – более 1,2 т/га и один год – ниже 0,6 т/га. Урожайность яровой пшеницы в среднем

составила в «сухие» годы 0,72 т/га, в «засушливые» – 0,88, в «средние» – 1,25 и «влажные» – 1,87 т/га. Наибольшее влияние на формирование урожайности яровой пшеницы в условиях сухой степи оказывают следующие почвенно-климатические факторы: расход продуктивной влаги из метрового слоя почвы за май-август, гидротермический коэффициент за июнь-июль, сумма температур воздуха выше 10°C за май-август, сумма температур почвы более 10°C в пахотном слое за июнь-июль, сумма осадков за июль, суммарный расход влаги (водопотребление) за май-август, запас продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом.

**Keywords:** agricultural crops yields, wheat, oats, sunflower, buckwheat, Altai Region, hydrothermal conditions, hydrothermal coefficient.

The economic productivity of an agrocenosis expressed in its harvest depends on the main factors – meteorological, soil conditions, crop variety, cultivation technology, forecrop, etc. In order to direct these factors, it is important to determine the real role of each of them and their combined effect on the level of economic productivity that can be achieved under the specific conditions of crop cultivation. The yield of agricultural crops varies within a single field. This is due to the heterogeneity of the soil cover and the properties of the specific soil. Long-term dynamics of yield depends, in addition, on weather conditions. This work analyzes long-term observations (over 20 years) of the yield of prevailing agricul-