



## Способы внесения удобрений в системе точного земледелия

**Геннадий Иванович Личман,**  
доктор технических наук, главный научный  
сотрудник, e-mail: litchmangiv@yandex.ru;

**Сергей Анемподистович Белых,**  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник;  
**Алексей Николаевич Марченко,**  
старший научный сотрудник

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва, Российская Федерация

**Реферат.** В системе управления производственными процессами сельскохозяйственных культур достижение планируемой урожайности, качества продукции и экономической эффективности с использованием только органических удобрений невозможно. Восполнить запасы используемых растениями азота, фосфора, калия и других питательных элементов в почве позволяет совместное локальное внесение органических и твердых минеральных удобрений. Проведено исследование новых способов дифференцированного внесения минеральных удобрений в растениеводстве, позволяющих повысить прибыль от производства сельхозкультур. (*Цель исследования*) Разработать новые способы дифференцированного внесения минеральных удобрений в растениеводстве, позволяющие повысить прибыль от производства сельскохозяйственных культур в сравнении с общепринятым способом внесения удобрений по средним показателям поля. (*Материалы и методы*) Предложена методика расчета, реализованная в компьютерной программе *VBA Excel*, для определения основных показателей: валовой сбор, экономия удобрений, прибыль и другое. Ключевая изменяемая величина в расчетах – планируемая урожайность по средним показателям поля. По окончании расчета на экран выводятся значения лучшего результата по валовому сбору урожая и прибыли. Объекты исследования для расчета – элементарные участки посевных площадей трех хозяйств: ООО «Продресурс», Агрополигон ОДПО ВНИИА, ООО «Мурминское» с разными типами почв (чернозем, дерново-подзолистая суглинистая, среднеподзолистая супесчаная). (*Результаты и обсуждение*) Установлено, что пропорционально-дифференцированное внесение удобрений на указанных типах почв дает стабильное повышение прибыли по сравнению с внесением удобрений по средним показателям поля. (*Выводы*) Расчеты показали, что в заданных условиях при одинаковой урожайности (30 центнеров с гектара) наиболее эффективно внесение органических и минеральных удобрений на среднеподзолистых супесчаных почвах – прибыль составит 40 процентов, на дерново-подзолистых почвах – 8,7 процентов, на черноземах – 1,3 процента. Пропорционально-дифференцированное внесение минеральных удобрений совместно с дифференцированным внесением органических удобрений позволяет вдвое уменьшить дозу минеральных удобрений.

**Ключевые слова:** дифференцированное внесение удобрений, планируемая урожайность, валовой сбор урожая, производственные процессы.

**Для цитирования:** Личман Г.И., Белых С.А., Марченко А.Н. Способы внесения удобрений в системе точного земледелия // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. N4. С. 4-9. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-4-4-9

## Methods of Applying Fertilizers in Precision Agriculture

**Gennady I. Lichman,**  
Dr.Sc.(Eng.), chief research associate,  
e-mail: litchmangiv@yandex.ru;

**Sergey A. Belykh,**  
Ph.D.(Eng.), senior research associate;  
**Aleksey N. Marchenko,**  
senior research associate

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

**Abstract.** It is impossible to achieve the planned yields, product quality, and economic efficiency in agricultural production using only organic fertilizers. joint application of organic and solid mineral fertilizers solves the problem of replenishing the soil content of nitrogen, phosphorus and other elements used by plants. The authors have carried out the research of new methods of variable-rate application of mineral fertilizers in plant growing, allowing to increase the profitability of



agricultural production. (*Research purpose*) is to develop new methods of variable-rate application of mineral fertilizers in crop production, which will allow increasing the profitability of crop production as compared with the conventional methods of applying fertilizers basing on average field indicators. (*Materials and methods*) The authors have developed a calculation technique implemented in the VBA Excel computer program for determining the main indicators: gross output, fertilizer saving, profit, etc. The main variable to change in the calculations is the planned yield based on average field parameters. At the end of the calculation process, the values of the best result for gross harvest output and profit are displayed on the screen. The research objects for the calculation were represented by elementary areas of crop areas of three farms – “Prodresurs”, Agropoligon VIUA, and “Murminskoye” with different soil types: chernozem, loamy, and sandy-loam. (*Results and discussion*) The method of proportional variable-rate application of fertilizers on three types of soils gives a stable increase in profit as compared with the application of fertilizers basing on the average field indicators. (*Conclusions*) Calculations have shown that under the specified conditions and at the equal yield of 30 c/ha the application of organomineral fertilizers is the most effective, profitability has accounted for 40 percents – on mesopodzol sandy-loam soils; 8.7 percents – on sod-podzolic soils; and 1.3 percents – on black soils. The method of proportional variable-rate application of mineral fertilizers accompanied with variable-rate application of organic fertilizers makes it possible to reduce the amount of mineral fertilizers applied by half.

**Keywords:** variable-rate application of fertilizers, planned yield, gross harvest output, production processes.

■ **For citation:** Lichman G.I., Belykh S.A., Marchenko A.N. Methods of applying fertilizers in precision agriculture. *Sel'skokhozyaistvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. 12(4): 4-9. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-4-4-9. (In Russian)

Современные агротехнологии представляют собой комплексы технологических операций по управлению производственными процессами сельскохозяйственных культур для достижения планируемой урожайности, качества продукции, экономической эффективности и экологической безопасности. Применение только органических удобрений способствует получению экологически чистой продукции, но не восполняет возникающий дефицит элементов питания для растений [1-4].

Совместное локальное внесение органических и твердых минеральных удобрений помогает решить задачу эффективного использования ресурсосберегающих элементов технологий точного земледелия с получением положительного экономического эффекта [5-7].

Для повышения плодородия почвы и его сохранения необходимо вносить навоз в дозах, обратно пропорциональных содержанию элементов питания в почве или из расчета планируемой урожайности по участкам; для получения экономического эффекта минеральные удобрения следует вносить пропорционально показателям естественного плодородия почвы.

**Цель исследования** – разработать новые способы дифференцированного внесения минеральных удобрений в растениеводстве, позволяющие повысить прибыль от производства сельскохозяйственных культур в сравнении с общепринятым способом внесения удобрений по средним показателям поля [1-3]:

- пропорционально-дифференцированное внесение твердых минеральных удобрений;
- дифференцированное внесение твердых минеральных удобрений с учетом 3 статистических ин-

тервалов значений почвенного азота в сравнении с другими методами;

- внесение удобрений по средним показателям поля под планируемую урожайность;

- дифференцированное внесение минеральных удобрений по участкам под планируемую урожайность; причем общее количество внесенного азота должно быть равно количеству азота, внесенному по средним показателям поля.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** В работе использован метод расчета вносимых удобрений с учетом трех статистических интервалов значений почвенного азота (метод описан в докладе «Программа определения оптимальных доз внесения удобрений с учетом статистических показателей почвенного азота» в сборнике научных докладов Международной научно-технической конференции «Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства», прошедшей в Москве 15-16 сентября 2015 г.).

Разработана методика расчета, реализованная в компьютерной программе *VBA Excel*, для определения основных показателей: валовой сбор, экономия удобрений, прибыль и др. [4-7].

Основная изменяемая величина в расчетах – планируемая урожайность по средним показателям поля. Так как планируемую урожайность рассчитывали по азоту, то для восполнения недостатка в почве азота, калия и фосфора в качестве удобрения использовали трехкомпонентное удобрение – нитроаммофоску [8].

Для определения дозы внесения азота под планируемую урожайность использован коэффициент пропорциональности на вносимые удобрения ( $K_{\text{ПР}}$ ):



$$K_{\text{ПР}} = \frac{Y_{\text{ПЛ}}}{Y_{\text{Б}}}, \quad (1)$$

где  $Y_{\text{ПЛ}}$  – планируемая урожайность;  $Y_{\text{Б}}$  – урожайность по средним показателям поля без внесения удобрений.

Планируемую урожайность по участкам рассчитывают по формуле:

$$Y_{\text{ПНУЧ}} = K_{\text{ПР}} \cdot Y_{\text{БНУЧ}} \quad (2)$$

где  $Y_{\text{БНУЧ}}$  – урожайность  $N$ -го участка без внесения удобрений.

В программе в качестве исходных данных использованы агрохимические показатели: кислотность, содержание фосфора, калия, по которым рассчитывают дозы внесения удобрений по участкам.

*Входные данные для расчетов:*

- органические удобрения – навоз с содержанием азота 0,5%;
- минеральные удобрения – нитроаммофоска (16% азота);
- культура – озимая пшеница;
- цена:

- валового сбора урожая – 12500 руб./т;
- навоза – 475 руб./т;
- минерального удобрения – 25,8 руб./кг;
- горючего – 50 руб./л;

- расход горючего – 50 л/га;
- затраты на:

- получение информации – 14000 руб./га;
- приобретение GPS-навигатора параллельного вождения – 140000 руб.;
- закупку дозирующих устройств с контроллером – 300000 руб.;

Расчеты проводили для участков поля площадью 100 га.

Были определены:

- урожайность по средним показателям поля, ц/га;
- средняя урожайность по участкам, ц/га;
- доза внесения азота в действующем веществе (д.в.) по средним показателям поля, кг/га;
- средняя доза внесения азота в д.в. по участкам, кг/га;
- максимальная доза внесения азота в д.в. по участкам, кг/га;
- содержание азота в почве по средним показателям поля, мг/кг;
- урожайность по средним показателям азота в почве, т/га;
- валовой сбор, %;
- экономия удобрений, %;
- прибыль, %;
- прибыль на единицу площади по средним показателям поля, тыс. руб./га;
- средняя прибыль по участкам, тыс. руб./га;
- сверхприбыль на площадь, тыс. руб./га.

Формулы расчета прибыли по средним показателям поля:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{П}} &= U_{\text{ур}} Y_{\text{П}} S_{\text{П}} - D_{\text{вн}} U_{\text{уд}} S_{\text{П}} \frac{100}{A\%} - \\ &- U_{\text{гор}} P_{\text{гор}} S_{\text{П}} - Z_{\text{инф}} S_{\text{П}} - U_{\text{пр}} - U_{\text{контр}}, \end{aligned} \quad (3)$$

по участкам:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{уч}} &= \sum_{i=1}^N (U_{\text{ур}} Y_{\text{уч}} S_{\text{уч}} - D_{\text{внуч}} U_{\text{уд}} S_{\text{уч}} \frac{100}{A\%} - \\ &- U_{\text{гор}} P_{\text{гор}} S_{\text{уч}} - Z_{\text{инф}} S_{\text{уч}}) - U_{\text{пр}} - U_{\text{контр}}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\Pi_{\text{п}}$  – прибыль по средним показателям поля, руб.;  $\Pi_{\text{уч}}$  – прибыль по участкам, руб.;  $U_{\text{ур}}$  – цена зерна, руб./т;  $U_{\text{уд}}$  – цена азотных удобрений, руб./кг;  $A\%$  – содержание азота в удобрениях (нитроаммофоска);  $U_{\text{гор}}$  – цена горючего, руб./л;  $P_{\text{гор}}$  – расход горючего, л/га;  $Z_{\text{инф}}$  – затраты на получение информации, руб./га;  $U_{\text{пр}}$  – цена GPS-навигатора, руб.;  $U_{\text{контр}}$  – цена контроллера, руб.;  $Y_{\text{уч}}$  – урожайность  $i$ -го участка, т/га;  $S_{\text{П}}$  – площадь поля, га;  $S_{\text{уч}}$  – площадь участка, га.

По показателю кислотности участка (поля) производим расчет азота в почве [7, 8]:

$$\ln(Y_{\text{рН}}) = 4,9801 \cdot \ln(\text{pH}) - 6,713. \quad (5)$$

По азоту почвы и количеству внесенных азотных удобрений определяем урожайность:

$$\ln(Y_{\text{N}}) = \ln(N_{\text{рН}} 1,5 + N_{\text{вн}} 5,2) 1,47454 - 1,385487, \quad (6)$$

где  $Y_{\text{N}}$  – урожайность по азоту почвы, выраженному через кислотность;  $N_{\text{рН}}$  – содержание азота в почве, выраженное через кислотность;  $N_{\text{вн}}$  – д.в., внесенное с минеральным азотом.

В программе входные данные являются изменяемыми параметрами. По окончании расчета на экран выводятся значения лучшего результата по валовому сбору урожая и прибыли. Вид программной оболочки показан на рисунке 1.

Объектами исследования для расчета выбраны элементарные участки посевных площадей трех хозяйств

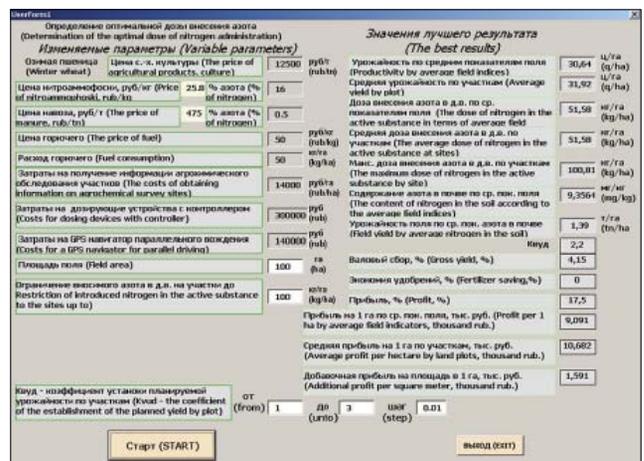


Рис. 1. Вид программной оболочки

Fig. 1. Type of softwareshell



ООО «Продресурс», Агрополигон отдела длительных полевых опытов ОДПО ВНИИА, ООО «Мурминское» с разными типами почв: чернозем, дерново-подзолистая суглинистая, среднеподзолистая супесчаная.

ООО «Продресурс». Почва – чернозем. Площадь поля 28 га, 56 участков. Усредненные агрохимические показатели: гумус – 6,4%; рН – 6,3; фосфор – 9,5 мг/100 г; калий – 9,3 мг/100 г. Все участки имеют оптимальное и повышенное содержание почвенного азота.

Агрополигон ОДПО ВНИИА. Почва дерново-подзолистая суглинистая. Площадь поля 0,4 га. 400 участков. Усредненные агрохимические показатели: гумус – 1,95%; рН – 5,9; фосфор – 18,3 мг/100 г; калий – 14,5 мг/100 г. Все участки разделены по содержанию почвенного азота на участки с низким, оптимальным и повышенным его содержанием.

ООО «Мурминское». Почва среднеподзолистая супесчаная. Площадь поля 1832 га, 268 участков. Усредненные агрохимические показатели: гумус – 1,1%; рН – 5,5; фосфор – 19,1 мг/100 г; калий – 8,1 мг/100 г. Половина участков с низким содержанием почвенного азота.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** В таблицах 1, 2, 3 приведены расчеты валового сбора урожая, прибыли, среднее и максимальное внесение удобрений на 1 га в зависимости от способа их внесения.

ООО «Продресурс». В основу расчетов положена урожайность по средним показателям поля 24,08 ц/га. Из таблицы 1 видно, что при дифференцированном внесении удобрений под планируемую урожайность имеем превышение среднего и максимального количества удобрений на 1 га.

Агрополигон ОДПО ВНИИА. В расчетах принята урожайность по средним показателям поля 23,9 ц/га (табл. 2).

ООО «Мурминское». В расчетах принята уро-

жайность по средним показателям поля 24 ц/га (табл. 3).

При одном и том же внесении удобрений прибыль получается за счет увеличения валового сбора урожая. При дифференцированном внесении под планируемую урожайность среднее количество внесенных удобрений больше, потому что валовой сбор урожая должен быть меньше планируемой урожайности. Сравнение прибылей по трем типам почв четырьмя способами показано на рисунке 2.

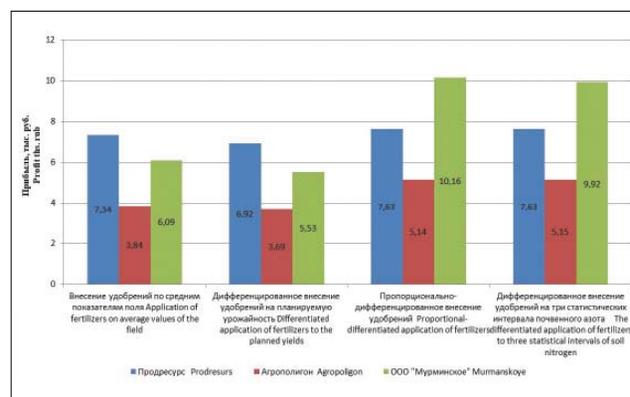


Рис. 2. Четыре способа сравнения прибылей на трех типах почв  
Fig. 2. Comparison of profits on three types of soils in four ways

Из рисунка 2 следует, что при дифференцированном внесении удобрений с учетом трех статистических интервалов значений почвенного азота и пропорционально-дифференцированном внесении прибыль примерно одинакова; пропорционально-дифференцированное внесение удобрений на трех типах почв дает стабильное превышение прибыли по сравнению с внесением удобрений по средним показателям поля. Далее именно этот способ используем для совместного внесения минеральных удобрений и навоза.

РАСЧЕТЫ ВАЛОВОГО СБОРА УРОЖАЯ, ПРИБЫЛИ, СРЕДНЕЙ И МАКСИМАЛЬНОЙ ДОЗ ВНЕШЕНИЯ УДОБРЕНИЙ CALCULATIONS OF GROSS HARVEST, PROFIT, AVERAGE AND MAXIMUM APPLICATION OF FERTILIZERS				
Способ внесения удобрений Method of applying fertilizers	Валовой сбор урожая, ц/га Gross harvest, centner/ha	Прибыль, тыс. руб. Profit, ths. rub.	Средняя доза внесения удобрений, кг/га Average application of fertilizers, kg/ha	Максимальная доза внесения удобрений, кг/га Maximum doses of fertilizer application, kg/ha
По средним показателям поля Application of fertilizers on average values of the field	24,8	7,34	11,55	11,55
Дифференцированное внесение под планируемую урожайность Differentiated application of fertilizers to the planned yields	24,08	6,92	14,14	40,38
Пропорционально-дифференцированное внесение Proportional-differentiated application of fertilizers	24,31	7,63	11,55	16,26
Дифференцированное внесение на 3 статистических интервала почвенного азота The differentiated application of fertilizers to three statistical intervals of soil nitrogen	24,31	7,63	11,55	16,26

Способ внесения удобрений Method of applying fertilizers	Валовой сбор урожая, ц/га Gross harvest, centner/ha	Прибыль, тыс. руб. Profit, ths. rub.	Средняя доза внесения удобрений, кг/га Average application of fertilizers, kg/ha	Максимальная доза внесения удобрений, кг/га Maximum doses of fertilizer application, kg/ha
По средним показателям поля Application of fertilizers on average values of the field	23,98	3,84	23,98	23,98
Дифференцированное внесение под планируемую урожайность Differentiated application of fertilizers to the planned yields	23,98	3,69	33,42	99,90
Пропорционально-дифференцированное внесение Proportional-differentiated application of fertilizers	24,06	5,14	32,72	63,95
Дифференцированное внесение на 3 статистических интервала почвенного азота The differentiated application of fertilizers to three statistical intervals of soil nitrogen	25,04	5,15	32,50	56,78

Способ внесения удобрений Method of applying fertilizers	Валовой сбор урожая, ц/га Gross harvest, centner/ha	Прибыль, тыс. руб. Profit, ths. rub.	Средняя доза внесения удобрений, кг/га Average application of fertilizers, kg/ha	Максимальная доза внесения удобрений, кг/га Maximum doses of fertilizer application, kg/ha
По средним показателям поля Application of fertilizers on average values of the field	24,06	6,09	44,67	44,67
Дифференцированное внесение под планируемую урожайность Differentiated application of fertilizers to the planned yields	24,06	5,53	48,41	96,17
Пропорционально-дифференцированное внесение Proportional-differentiated application of fertilizers	27,60	10,16	44,67	129,24
Дифференцированное внесение на 3 статистических интервала почвенного азота The differentiated application of fertilizers to three statistical intervals of soil nitrogen	27,35	9,52	44,76	90,40

При пропорционально-дифференцированном внесении минеральных удобрений совместно с дифференцированным внесением навоза под планируемую урожайность дозы азота, наполовину уменьшены так, чтобы общее количество внесенного азота было равно общему количеству азота, внесенного по средним показателям поля. Количество внесенных органических и минеральных удобрений рассчитывали под планируемую урожайность 30,5 ц/га [9, 10].

*Прибыль составила:*

- 0,17 тыс. руб./га (или 1,36%) для ООО «Продресурс»;  
- 1,56 тыс. руб./га (или 8,7%) для Агрополигона ОДПО ВНИИА;

- 2,8 тыс. руб./га (или 40,6%) для ООО «Мурминское».

#### Выводы

Расчеты показали, что наиболее эффективно внесение органических и минеральных удобрений на среднеподзолистых супесчаных почвах, в этом слу-

чае прибыль составила 40,6% при внесении азота в количестве 63 кг д.в./га по средним показателям поля. На дерново-подзолистых почвах – процент прибыли – 8,7%, при внесении азота в количестве 51 кг д.в./га по средним показателям поля. На черноземах процент прибыли – наименьший (1,3%) при внесении азота в количестве 29 кг д.в./га по средним показателям поля.

Среди множества расчетов в базе также сохраняются менее прибыльные варианты. Способ комплексного дифференцированного совместного внесения минеральных и органических удобрений для всех трех типов почв: (чернозем, дерново-подзолистая суглинистая, среднеподзолистая супесчаная) позволяет вдвое уменьшить количество твердых минеральных удобрений, увеличить валовой сбор урожая и получить положительный экономический эффект.



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измайлов А.Ю., Личман Г.И., Марченко Н.М. Точное земледелие: проблемы и пути решения // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2010. N5. С. 9-14.
2. Crowder D.W., Reganold J.P. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2015. 112. pp. 7611-7616.
3. Tsvetkov I., Atanassov A., Vlahova M., Carlier L., Christov N., Lefort F., Rusanov K., Badjakov I., Dincheva I., Tchamitchian M., Rakleova G., Georgieva L., Tamm L., Iantcheva A., Herforth-Rahm J., Paplomatas E., Atanassov I. Plant organic farming research – current status and opportunities for future development. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2018. 32. N2. pp. 241-260.
4. Connor D.J. Organically grown crops do not a cropping system make and nor can organic agriculture nearly feed the world. *Field Crop Res*. 2013. 144. pp. 145-147.
5. Tonfack L.B., Youmbi E., Amougou A., Bernadac A. Effect of Organic/Inorganic-Cation Balanced Fertilizers on Yield and Temporal Nutrient Allocation of Tomato Fruits under Andosol Soil Conditions in Sub-Saharan Africa International. *Journal of Agricultural and Food Research ISSN*. 2013. 2. N2. pp. 27-37.
6. Šimon T., Czako A. Influence of long-term application of organic and inorganic fertilizers on soil properties. *Plant Soil Environ*. 2014. Vol. 60. N7. pp. 314-319.
7. Mulvaney R.L., Khan S.A., Ellsworth T.R. Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: a global dilemma for sustainable cereal production. *J Environ Qual*. 2009. 38(6). pp. 2295-2314.
8. Ерёмин Д.И., Кибук Ю.П. Дифференцированное внесение удобрений как инновационный подход в системе точного земледелия. *Вестник КрасГАУ*. 2017. N8. С. 17-26.
9. Белых С.А., Личман Г.И., Марченко А.Н. Метод составления карт-заданий для дифференцированного внесения органоминеральных удобрений. *Международная агроинженерия*. Алматы. 2016. Вып. 4. С. 14-19.
10. Ерёмин Д.И. Влияние длительного использования органо-минеральной системы удобрений зернового севооборота на динамику подвижного калия чернозема выщелоченного // *Плодородие*. 2016. N2(89). С. 28-31.

## REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Lichman G.I., Marchenko N.M. Tochnoye zemledeliye: problemy i puti resheniya [Precision farming: problems and solutions] // *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2010. N5: 9-14. (In Russian)
2. Crowder D.W., Reganold J.P. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2015. 112. 7611-7616. (In English)
3. Tsvetkov I., Atanassov A., Vlahova M., Carlier L., Christov N., Lefort F., Rusanov K., Badjakov I., Dincheva I., Tchamitchian M., Rakleova G., Georgieva L., Tamm L., Iantcheva A., Herforth-Rahm J., Paplomatas E., Atanassov I. Plant organic farming research – current status and opportunities for future development. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2018. 32. N2. 241-260. (In Russian)
4. Connor D.J. Organically grown crops do not a cropping system make and nor can organic agriculture nearly feed the world. *Field Crop Res*. 2013. 144. 145-147. (In English)
5. Tonfack L.B., Youmbi E., Amougou A., Bernadac A. Effect of Organic/InorganicCation Balanced Fertilizers on Yield and Temporal Nutrient Allocation of Tomato Fruits under Andosol Soil Conditions in SubSaharan Africa International. *Journal of Agricultural and Food Research ISSN*. 2013. 2. N2. 27-37. (In English)
6. Šimon T., Czako A. Influence of longterm application of organic and inorganic fertilizers on soil properties. *Plant Soil Environ*. 2014; Vol. 60, N7. 314-319. (In English)
7. Mulvaney R.L., Khan S.A., Ellsworth T.R. Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: a global dilemma for sustainable cereal production. *J Environ Qual*. 2009. 38(6). 2295-2314. (In English)
8. Yeromin D.I., Kibuk Yu.P. Differentsirovannoye vneseniye udobreniy kak innovatsionnyy podkhod v sisteme tochnogo zemledeliya [Variable-rate fertilization as an innovative approach in the system of precision farming]. *Vestnik KrasGAU*. 2017. N8. 17-26. (In Russian)
9. Belykh S.A., Lichman G.I., Marchenko A.N. Metod sostavleniya kart-zadaniy dlya differentsirovannogo vneseniya organomineral'nykh udobreniy [Method of compiling maps for variable-rate application of organic-and-mineral fertilizers]. *Mezhdunarodnaya agroinzheneriya*. Almaty. 2016. Iss. 4. 14-19. (In Russian)
10. Yeromin D.I. Vliyaniye dlitel'nogo ispol'zovaniya organo-mineral'noy sistemy udobreniy zernovogo sevooborota na dinamiku podvizhnogo kaliya chernozema vyshchelochennogo [Influence of the prolonged use of the organic-and-mineral system of fertilizers of cereal crop rotation on the dynamics of mobile potassium in leached chernozem] // *Plodородие*. 2016. N2(89). 28-31. (In Russian)

Статья поступила в редакцию 12.04.2018  
The paper was submitted  
to the Editorial Office on 12.04.2018

Статья принята к публикации 09.08.2018  
The paper was accepted  
for publication on 09.08.2018

Конфликт интересов.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest.  
The authors declare no conflict of interest.