CORE
Metadata, citation and similar papers at core.ac.uk

УДК 631.133.6 DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-16-21

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Личман Г.И.[1]*,
докт. техн. наук;

Личман А.А.[2],
канд. экон. наук

[1]Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация, *e-mail: litchmangiv@yandex.ru
[2]Всероссийский институт аграрных проблем и информатики имени А.А. Никонова, Большой Харитоньевский пер., 21, стр. 1, Москва, 107078, Российская Федерация

Чтобы изучить зависимость урожайности сельхозкультур от качества внесения удобрений, авторы теоретически исследовали функции отзывчивости растений на возрастающие дозы удобрений и закон распределения дозы удобрений по полю. Получили математическую модель зависимости урожайности от дозы и качества внесения удобрений. Выявили, что на урожайность сельхозкультур, а соответственно и эффективность удобрений влияют как средняя доза, так и неравномерность распределения удобрений, характеризуемая коэффициентом вариации. Установили, что по мере увеличения неравномерности происходит трансформация функции отзывчивости: максимально возможная урожайность значительно падает, максимумы графиков смещаются в сторону меньших доз. Снижение урожайности также существенно зависит от характера функций отзывчивости. Определили, что наибольшее падение этого показателя следует ожидать при его параболическом изменении в зависимости от возрастающих доз внесенных удобрений. Доказано, что при внесении 40 кг действующего вещества (д.в.) на 1 га и увеличении коэффициента вариации дозы от 0 до 60 процентов снижение урожайности не превышает 1 процента, при более высоких дозах (120 кг д.в. на 1 га) оно достигает 7 процентов. Установлено, что урожайность зависит от степени неравномерности распределении удобрений, дозы удобрений и вида кривых урожайности.

Ключевые слова: внесение удобрений, равномерность распределения удобрений, урожайность, доза внесения удобрений.

Для цитирования: Личман Г.И., Личман А.А. Оценка влияния качества внесения удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур // *Сельскохозяйственные машины и технологии.* 2017. N5. С. 16-21.

ASSESSMENT OF INFLUENCE OF FERTILIZATION QUALITY ON CROP YIELD

Lichman G.I.[1]*,
Dr.Sc.(Eng.);

Lichman A.A.[2],
Ph.D.(Economics)

[1]Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM, 1-st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation, *e-mail: litchmangiv@yandex.ru
[2]All-Russian Institute of Agrarian Problems and Informatics named after A.A. Nikonov, Bol'shoy Khariton'evskiy per., 21, building 1, Moscow, 107078, Russian Federation

To study the dependence of crop yields on the quality of fertilizer application, the authors theoretically investigated the responsiveness of plants to increasing fertilizer doses and the distribution of the fertilizer dose over the field. We obtained a mathematical model of the dependence of yields on the dose and the quality of fertilizer application. It was revealed that the average dose and the unevenness of their distribution, which is characterized by the coefficient of variation, affect the yield of agricultural crops, and consequently the effectiveness of fertilizers. As unevenness increases, the responsiveness function transforms: the maximum possible yield decreases significantly, the maximums of the graphs shift towards smaller doses. The decrease in yield also depends significantly on the nature of the responsiveness functions. The greatest fall of this indicator should be expected with its parabolic change depending on the increasing doses of fertilizers applied. It has been proved that when applying 40 kg of active ingredient (ai) per 1 hectare and increasing the coefficient of dose variation from 0 to 60 percent, the yield reduction does not exceed 1 percent, at higher doses (120 kg ai per ha) it reaches 7 percent. It is established that the yield depends on the degree of uneven distribution of fertilizers, the fertilizer dose and the type of yield curves.

Keywords: Application of fertilizers; Uniform distribution of fertilizers; Yield; Fertilizer application rate.

For citation: Lichman G.I., Lichman A.A. Assessment of influence of fertilization quality on crop yield. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2017; 5: 16-21. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-5-16-21. (In Russian)

Система дифференцированного применения удобрений предусматривает доведение параметров плодородия обрабатываемого поля до уровня, обеспечивающего получение запрограммированной урожайности возделываемых культур и снижение отрицательного воздействия удобрений на окружающую среду. Разрабатываемые технологические и технические решения для внесения удобрений должны характеризоваться максимальной адаптивностью и обеспечивать необходимое качество распределения элементов питания в пахотном слое с учетом их внутрипольной вариабельности в почве [1-8].

Многочисленными исследованиями ученых, занимающихся разработкой технологий и технических средств применения удобрений, установлена прямая зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от качества выполнения технологического процесса. Так, показателями качества служат разница между необходимой дозой внесения удобрений для получения планируемой урожайности $D_з$ и фактической дозой $D_ф$ внесения, а также неравномерность распределения их по полю, характеризуемая коэффициентом вариации V_D. На качество внесения удобрений влияют технология, совершенство технических средств, точность позиционирования и уровень дифференциации доз [9-11].

Снижение урожайности от некачественного распределения удобрений в почве при малом содержании питательных элементов незначительно. По мере ухудшения качества и роста доз потери урожайности могут достигать 10-30% и выше. Исследованиями ВНИИ агрохимии установлено, что внесение высокоэффективных азотных и сложных удобрений с неравномерностью 50-70% может привести к недобору 14-15% (0,6-0,7 т/га) урожая зерна и 10-11% (2,0-2,5 т/га) урожая картофеля [12-15]. До последнего времени при оценке достоинств или недостатков машин и технологий внесения удобрений издержки, обусловленные неравномерным внесением, отождествлялись главным образом со снижением биологического урожая. Между тем некачественное распределение удобрений ухудшает технологические и биологические свойства урожая, что снижает их окупаемость. Например, неоднородность развития колосовых зерновых культур приводит к полеганию и, как следствие, к повышенным потерям при механизированной уборке и ухудшению кондиционных свойств урожая (*рис. 1*) [8].

Многие решения, принимаемые во время выращивания растений, основаны на учете урожайности. Данные об урожайности той или иной культуры на конкретном поле позволяют товаропроизводителю принимать более правильные и обоснованные решения о дозах внесения удобрений, делать выводы о том, насколько эффективно производство на данном поле.

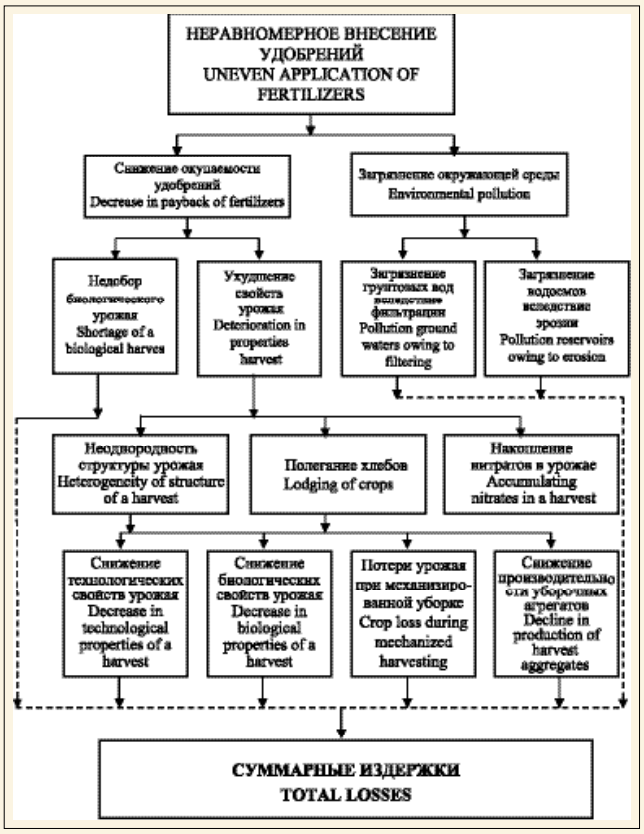

Рис.1. Иерархическая структура издержек, обусловленных некачественным внесением удобрений

Fig. 1. Hierarchical structure of the expenses caused by low-quality fertilizers application

Поскольку урожайность сельхозкультур существенно зависит от качества внесения удобрений, актуально описать эту зависимость с помощью математической модели.

Цель исследования – разработка математической модели оценки влияния качества внесения удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы. Оценить влияние качества внесения удобрений на урожайность можно, если известна функция отзывчивости $y = y(D)$ урожая на дозы D вносимых удобрений и закон распределения $\varphi = \varphi(D)$ удобрений по полю. Рассматривая среднюю урожайность $Y_{ср}$ как функцию случайного аргумента, независимо от закона распределения удобрений по полю, ее можно найти по формуле:

$$Y_{ср} = M[y(D)] = \int_{-\infty}^{\infty} y(D)\varphi(D)dD, \quad (1)$$

где M – математическое ожидание;

$\varphi(D)$ – плотность распределения дозы.

Использовать формулу (1) для подсчета средней урожайности в зависимости от варьирования дозы внесения удобрений можно в том случае, когда известны функция отзывчивости данной сельхозкультуры на удобрения и плотность их распределения по полю.

В случае квадратичной зависимости функции отзывчивости выражение (1) можно записать следующим образом:

$$Y_{ср} = M[a_0 + a_1 D + a_2 D] = \int_{-\infty}^{\infty} [a_0 + a_1 D + a_2 D]\varphi(D)dD \quad (2)$$

где a_0, a_1, a_2 – эмпирические коэффициенты.

Из (2) следует, что для вычисления $Y_{ср}$ необходимо найти математическое ожидание трех слагаемых a_0, $a_1 D$, и $a_2 D^2$. Здесь a_0, a_1 и a_2 –постоянные величины. Определим средние значения членов $a_1 D$ и $a_2 D^2$, то есть найдем средние значения D и D^2.

Рассмотрим случай, когда закон распределения удобрений по полю $\varphi = \varphi(D)$ подчиняется нормальному закону, то есть:

$$\varphi(D) = \frac{1}{\sigma_D\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\frac{(x-D_{ср})^2}{2\sigma_D^2}} dx \quad (3)$$

где σ_D – среднеквадратическое отклонение случайной величины D;

$D_{ср}$ – математическое ожидание случайной величины D.

В соответствии с формулой (1) выражение для определения математического ожидания $M[D]$ имеет следующий вид:

$$M[D] = \frac{1}{\sigma_D\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} D e^{-\frac{(x-D_{ср})^2}{2\sigma_D^2}} dx. \quad (4)$$

Применяя замену переменной:

$$\frac{D - D_{ср}}{\sigma_D\sqrt{2}} = t, \quad (5)$$

имеем:

$$M[D] = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} (\sigma_D t\sqrt{2} + D_{ср}) e^{-t^2} dt = \frac{\sigma_D\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} t e^{-t^2} dt + \frac{D_{ср}}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} t e^{-t^2} dt \quad (6)$$

Нетрудно убедиться, что первый из двух интегралов в формуле (6) равен нулю; второй представляет собой известный интеграл Эйлера–Пуассона [8]:

$$\int_{-\infty}^{\infty} t e^{-t^2} dt = 2\int_{0}^{\infty} t e^{-t^2} dt = \sqrt{\pi}. \quad (7)$$

Следовательно, $M[D] = D_{ср}$, то есть параметр $D_{ср}$ представляет собой математическое ожидание величины D.

Теперь найдем математическое значение D^2. Воспользовавшись заменой переменной (5), получим:

$$M[D^2] = \int_{-\infty}^{\infty} D^2 f(D)dx = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} (\sigma_D t\sqrt{2} + D_{ср})^2 e^{-t^2} dt. \quad (8)$$

Проинтегрировав (8) по частям, получим:

$$M[D^2] = \sigma_D^2 + D_{ср}^2. \quad (9)$$

Результаты и обсуждение. Если функция отзывчивости имеет квадратичный вид, то вместо интегрирования для нахождения математического ожидания можно воспользоваться соотношением (9). Тогда среднюю урожайность можно представить в следующем виде:

$$Y_{ср} = M[y(D)] = a_0 + a_1 D_{ср} + a_2(\sigma_D^2 + D_{ср}^2). \quad (10)$$

Принимая во внимание, что качество внесения удобрений обычно характеризуется коэффициентом вариации, уравнение (10) можно представить следующим образом:

$$Y_{ср} = M[y(D)] = a_0 + a_1 D_{ср} + a_2 D_{ср}^2 [(\sigma_D^2/D_{ср}^2) + 1], \quad (11)$$

где $\sigma_D^2/D_{ср}^2$ – квадрат коэффициента вариации дозы внесения удобрений V_D.

Чтобы проиллюстрировать использование формулы (11) для оценки влияния качества внесения удобрений на урожайность, рассмотрим, как зависит урожайность от качества внесения удобрений для конкретной функции отзывчивости. В расчетах мы использовали функцию отзывчивости озимой пшеницы на азот [13]:

$$y = 2 + 0{,}12(D/15) - 0{,}0078(D/15)^2(V_D^2 + 1). \quad (12)$$

График зависимости урожайности озимой пшеницы при различных коэффициентах вариации V_D представлен на *рисунке 2*.

Как видим, урожайность озимой пшеницы, а соответственно и эффективность удобрений, зависят как от средней дозы D, так и от неравномерности распределения удобрений, характеризуемой коэффициентом вариации V_D. По мере увеличения неравномерности происходит трансформация функции отзывчивости: значительно падает максимально возможная урожайность, и максимумы графиков смещаются в сторону меньших доз.

Наличие функций отзывчивости сельскохозяйственных культур на изменение того или иного показателя плодородия почвы или их совокупного влияния позволяет более объективно программировать урожайность, формулировать требования к машинным технологиям и техническим средствам [9]. Так, из графиков на *рисунке 2* следует, что с ростом неравномерности распределения удобрений по полю значительно ухудшается отзывчивость растений на удобрения. Поэтому на практике при определении оптимальных доз внесения удобре-

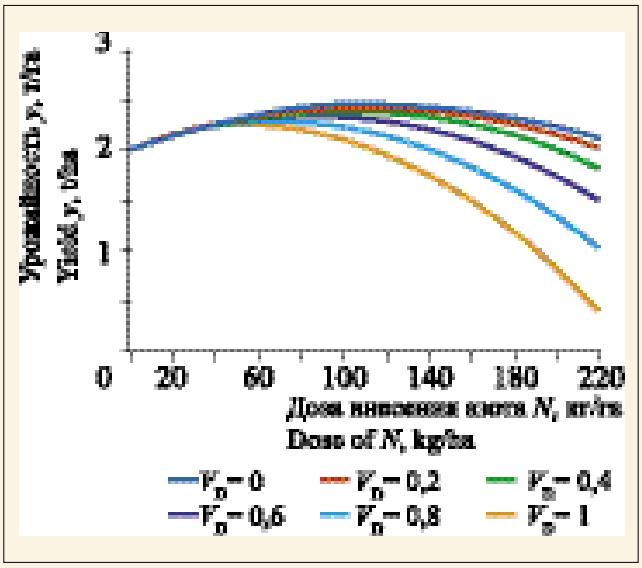

Рис. 2. Зависимость урожайности озимой пшеницы от дозы внесения азота при различных значениях коэффициента вариации V_D

Fig. 2. Dependence of winter wheat yield on the dose of N applied at different values of the variation coefficient V_D

ний необходимо принимать во внимание и показатель неравномерности распределения их по полю. Уменьшая его вследствие более качественного внесения удобрений, можно существенно повысить их окупаемость [16-18].

Снижение продуктивности сельскохозяйственных культур также существенно зависит от характера кривых урожайности (функций отзывчивости). Наибольшее снижение урожайности следует ожидать при ее параболическом изменении по мере возрастания доз внесенных удобрений. В этом случае при внесении 40 кг действующего вещества (д.в.) на 1 га и увеличении коэффициента вариации дозы V_D от 0 до 60% снижение урожайности не превышает 1%, и лишь при более высоких дозах (120 кг д.в. на 1 га) оно достигает 7%. Таким образом, при неравномерном распределении удобрений урожайность зависит от степени неравномерности распределения, дозы удобрений и характера кривых урожайности.

Выводы

Наличие функций отзывчивости и законов распределения доз удобрений позволяет существенно расширить применение аналитических методов исследования технологического процесса внесения удобрений и других средств химизации. Полученная математическая модель (11) может быть использована для оценки влияния качества внесения удобрений при различных функциях отзывчивости сельскохозяйственных культур на удобрения и точности распределения доз по полю. Установлено, что при внесении 40 кг действующего вещества (д.в.) на 1 га и увеличении коэффициента вариации дозы V_D от 0 до 60% снижение урожайности не превышает 1%, и лишь при более высоких дозах (120 кг д.в. на 1 га) оно достигает 7%. Зависимость (11) может быть также использована при разработке экономико-математических моделей оценки эффективности дифференцированного применения удобрений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лачуга Ю.Ф., Савченко И.В., Чекмарев П.А., Шогенов Ю.Х., Кирсанов В.В., Шумов Ю.А., Голубев Д.А., Измайлов А.Ю., Мазитов Н.К., Кряжков В.М., Лобачевский Я.П., Елизаров В.П., Смирнов И.Г., Шайхов М.К., Жук А.Ф., Марченко О.С., Сорокин Н.Т., Белых С.А., Рычков В.А., Солдатова Т.Г. и др. Влагоаккумулирующие технологии, техника для обработки почв и использование минеральных удобрений в экстремальных условиях. ВНИМС. Рязань, 2014. 246 с.

2. Измайлов А.Ю., Гришин А.А., Гришин А.П., Лобачевский Я.П. Экспертные системы интеллектуальной автоматизации технических средств сельскохозяйственного назначения // Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сборник докладов Международной научно-технической конференции. М.: ВИМ, 2014. С. 379-382.

3. Пат. N2452167 РФ Способ и устройство дифференцированного припосевного внесения основных и стартовых доз минеральных удобрений / Марченко Н.М., Марченко А.Н., Лобачевский Я.П., Личман Г.И., Педай Н.П., Михеев В.В., Рогачев В.Р., Тыкушин А.А. // Бюл. 2012. N16.

4. Измайлов А.Ю., Хорошенков В.К. Автоматизированная система управления посевом и внесением удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2011. N4. С. 9-12.

5. Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Смирнов И.Г., Марченко Н.М., Личман Г.И., Евтюшенков Н.Е., Марченко Л.А., Хорошенков В.К. Концепция развития системы оперативного управления и предупредительной диагностики технического состояния автотранспортных и других мобильных технических средств, применяемых в сельском хозяйстве с использованием ГЛОНАСС/GPS. М.: ВИМ, 2013. 85 с.

6. Колесникова В.А. Научно-техническое решение дифференцированного применения жидких средств химизаций в системе координатного земледелия // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сборник докладов XI Международной научно-практической конференции. Ч. 2. М.: ВИМ. 2010. С. 638-645.

7. Virk S.S., Mullenix D.K., Sharda A., Hall J. B., Wood C.W., Fasina O.O., McDonald T.P., Pate G.L., Fulton J.P. Case Study: Distribution Uniformity of a Blended Fertilizer

Applied Using a Variable-Rate Spinner-Disc Spreader. Applied Engineering in Agriculture Vol. : 2013; 29(5): 1-11.

8. Измайлов А.Ю., Артюшин А.А., Колесникова В.А., Личман Г.И., Марченко Н.М., Марченко А.Н., Марченко Л.А., Мочкова Т.В., Смирнов И.Г. Методические рекомендации по применению средств химизации в системе точного земледелия. М.: ВИМ, 2016. 100 с.

9. Личман Г.И., Марченко Н.М., Колесникова В.А., Марченко А.Н. Переходные режимы дозирующих органов машин для внесений удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2010. N4. С.30-33.

10. Личман Г.И., Батурин В.А., Марченко А.Н. Определение доз при дифференцированном внесении удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. N3. С.35-37.

11. Овчинникова Н.Г., Главацкий Б.А. Обоснование показателей качества внесения удобрений // Направление исследований и разработок машин для внесения в почву минеральных удобрений: Сборник научных трудов М.: ВИУА, 1983. С. 33-39.

12. Stone K. C., Camp C. R., Sadler E. J.,. Evans D. E, Millen J. A. Corn Yield Response to Nitrogen Fertilizer and Irrigation in the Southeastern Coastal Plain. Applied Engineering in Agriculture. Vol. . 2010; 26(3): 429-438.

13. Shillito R. M., Timlin D. J., Fleisher D., Reddy V.R., Quebedeaux B. Yield Response of Potato to Spatially Patterned Nitrogen Application. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2009; 129: 107-116.

14. Moulin A. P., Cohen Y.,. Alchanatis V, Tremblay N., and Volkmar K.Yield Response of Potatoes to Variable Nitrogen Management by Landform Element and in Relation to Petiole Nitrogen. A case study. Canadian Journal of Plant Science. 2012; 92: 771-781.

15. Norremar M., Griepentrog H.W., Nielsen J., Sogaard H.T. The development and assessment of the accuracy of an autonomous GPS¬based system for intra-row mechanical weed control in row crops. Biosystems engineering. 2008: 101; 8: 396-410.

16. Колесникова В.А., Башкирова Т.Н., Мочкова Т.В. Экологически безопасное технологии применения жидких минеральных удобрений и средств защиты растений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. N3. С. 41-45.

17. Личман Г.И., Марченко Н.М., Смирнов И.Г. Информационные технологии в системе точного земледелия. Сборник научных докладов. М.: ВИМ. 2012. Т. 2. С. 303-308.

18. Колесникова В.А., Мочкова Т.В., Башкирова Т.Н. Экологически безопасные технологии применения жидких минеральных удобрений и средств защиты растений // Экология и сельскохозяйственная техника: Материалы 4-й научно-практической конференции. СПб.: СЗНИИМЭСХ, 2005. С. 123¬128.

REFERENCES

1. Lachuga Yu.F., Savchenko I.V., Chekmarev P.A., Shogenov Yu.Kh., Kirsanov V.V., Shumov Yu.A., Golubev D.A., Izmaylov A.Yu., Mazitov N.K., Kryazhkov V.M., Lobachevskiy Ya.P., Elizarov V.P., Smirnov I.G., Shaykhov M.K., Zhuk A.F., Marchenko O.S., Sorokin N.T., Belykh S.A., Rychkov V.A., Soldatova T.G., et al. Vlagoakkumuliruyushchie tekhnologii, tekhnika dlya obrabotki pochv i ispol'zovanie mineral'nykh udobreniy v ekstremal'nykh usloviyakh [Water storage technologies, machines for soil cultivation and mineral fertilization in extreme conditions]. Ryazan': VNIMS, 2014: 245. (In Russian)

2. Izmaylov A.Yu., Grishin A.A., Grishin A.P., Lobachevskiy Ya.P. Experie systems of intellectual automation of agricultural equipment. Innovatsionnoe razvitie APK Rossii na baze intellektual'nykh mashinnykh tekhnologiy: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Moscow: VIM, 2014: 379-382. (In Russian)

3. Pat. 2452167 RF. Sposob i ustroystvo differentsirovannogo priposevnogo vneseniya osnovnykh i startovykh doz mineral'nykh udobreniy [Way and unit for of differentiated sowing application of main and starting doses of mineral fertilizers]. Marchenko N.M., Marchenko A.N., Lobachevskiy Ya.P., Lichman G.I., Peday N.P., Mikheev V.V., Rogachev V.R., Tykushin A.A. Byul. 2012. No. 16. (In Russian)

4. Izmaylov A.Yu., Khoroshenkov V.K. Avtomatizirovannaya sistema upravleniya posevom i vneseniem udobreniy [Automated control system of seeding and fertilizing]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii.* 2011; 4: 9-12 (In Russian).

5. Izmaylov A.Yu., Artyushin A.A., Smirnov I.G., Marchenko N.M., Lichman G.I., Evtyushenkov N.E., Marchenko L.A., Khoroshenkov V.K. Kontseptsiya razvitiya sistemy operativnogo upravleniya i predupreditel'noy diagnostiki tekhnicheskogo sostoyaniya avtotransportnykh i drugikh mobil'nykh tekhnicheskikh sredstv, primenyaemykh v sel'skom khozyaystve s ispol'zovaniem GLONASS/GPS [Concept of development of the operational control system and preventive diagnostics of the technical condition of motor transport and other mobile technical means used in agriculture using GLONASS/GPS]. Moscow: VIM, 2013: 85. (In Russian)

6. Kolesnikova V.A. Scientific and technical solution for the differentiated application of liquid chemicals in the coordinate agricultural system. Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sbornik dokladov XI Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Vol. 2. Moscow: VIM. 2010: 638¬645. (In Russian)

7. Virk S. S., Mullenix D. K., Sharda A., Hall J. B., Wood C. W., Fasina O. O., McDonald T. P.,. Pate G. L, Fulton J.P.

Case Study: Distribution Uniformity of a Blended Fertilizer Applied Using a Variable-Rate Spinner-Disc Spreader. Applied Engineering in Agriculture Vol. : 2013; 29(5): 1-11. (In English)

8. Izmaylov A.Yu., Artyushin A.A., Kolesnikova V.A., Lichman G.I., Marchenko N.M., Marchenko A.N., Marchenko L.A., Mochkova T.V., Smirnov I.G. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu sredstv khimizatsii v sisteme tochnogo zemledeliya [Methodical recommendations on the use of chemical means in the system of precision farming]. Moscow: VIM, 2016: 100. (In Russian)

9. Lichman G.I., Marchenko N.M., Kolesnikova V.A., Marchenko A.N. Transitional regimes of the dosing units of machines for applying fertilizers. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2010; 4: 30-33. (In Russian)

10. Lichman G.I., Baturin V.A., Marchenko A.N. Dose determination for differential fertilization. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2012. N3. S.35-37. (In Russian)

11. Ovchinnikova N.G., Glavatskiy B.A. Substantiation of quality indicators for fertilizer application. Napravlenie issledovaniy i razrabotok mashin dlya vneseniya v pochvu mineral'nykh udobreniy: Sbornik nauchnykh trudov M.: VIUA, 1983. C. 33-39. (In Russian)

12. Stone K. C., Camp C. R., Sadler E. J.,. Evans D. E, Millen J. A. Corn Yield Response to Nitrogen Fertilizer and Irrigation in the Southeastern Coastal Plain. Applied Engineering in Agriculture. Vol. . 2010; 26(3): 429-438. (In English)

13. Shillito R. M., Timlin D. J., Fleisher D., Reddy V.R., Quebedeaux B. Yield Response of Potato to Spatially Patterned Nitrogen Application. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2009; 129: 107-116. (In English)

14. Moulin A. P., Cohen Y.,. Alchanatis V, Tremblay N., and Volkmar K. Yield Response of Potatoes to Variable Nitrogen Management by Landform Element and in Relation to Petiole Nitrogen. A case study. *Canadian Journal of Plant Science*. 2012; 92: 771-781. (In English)

15. Norremar M., Griepentrog H.W., Nielsen J., Sogaard H.T. The development and assessment of the accuracy of an autonomous GPS-based system for intra-row mechanical weed control in row crops. Biosystems engineering. 2008: 101; 8: 396-410. (In English)

16. Kolesnikova V.A., Bashkirova T.N., Mochkova T.V. Ecologically safe technology for use of liquid mineral fertilizers and plant protection products. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2009; 3: 41-45. (In Russian)

17. Lichman G.I., Marchenko N.M., Smirnov I.G. Information technologies in system of precision farming: Sbornik nauchnykh dokladov. Moscow: VIM, 2012; 2: 303-308. (In Russian)

18. Kolesnikova V.A., Mochkova T.V., Bashkirova T.N. Ecologically safe technologies for use of liquid mineral fertilizers and plant protection products. Ekologiya i sel'skokhozyaystvennaya tekhnika: Materialy 4 nauchno-prakticheskoy konferentsii. St. Petersburg: SZNIIMESKh, 2005: 123-128. (In Russian)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)
объявляет набор

на бюджетные и платные места

высшее образование – программа подготовки научно-педагогических кадров

в аспирантуру

на 2017-18 учебный год

Лицензия № 2498 от 15.02.2016

Государственная аккредитация № 2475 от 19 января 2017 года

По направлению подготовки 35.06.04

Технология, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве

Профиль: Машины, агрегаты и процессы (по отраслям)
Профиль: Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве
Профиль: Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве
Профиль: Технологии и средства механизации сельского хозяйства

высшее образование – программа Магистратуры на платные места

Адрес института: 109428, Москва, 1-й Институтский проезд, 5. Телефон для справок: 8 (499) 709-33-68