

УДК 631.3

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Маслов Геннадий Георгиевич
д-р техн.наук, профессор
SPIN – код автора: 7115-7421
maslov-38@mail.ru

Цыбулевский Валерий Викторович
канд. техн. наук, доцент

Малашихин Николай Васильевич
Аспирант
malashikhin95@bk.ru
*Кубанский государственный аграрный университет,
Краснодар, Россия*

Предложен способ определения нормы внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в реальном времени включает этапы, на которых выделяют плоскую прямоугольную поверхность почвы не менее 1 м² без удобрений и получают ее изображение; вносят нормированное количество гранул минерального удобрения и получают изображение с внесенным нормированным количеством удобрения; обрабатывают почву и вносят минеральное удобрение; выделяют плоскую прямоугольную поверхность почвы не менее 1 м² и получают ее изображение с удобрением; изображения отправляют на компьютерную обработку, проводят их оцифровку и фильтрацию волновым преобразованием для получения качественного изображения объекта, предварительно введя в программу MathCad площадь плоской прямоугольной поверхности, средний диаметр гранулы и её массу, осуществляют коррекцию размеров; определяют общую массу гранул на поверхности почвы не менее 1 м²; пересчитывают массу гранул на 1 га площади засеваемой почвы; сравнивают с массой, соответствующей требуемой норме внесения минеральных удобрений; проводят корректировку дозы вносимых удобрений при необходимости. В результате исследований получены сравнительные результаты отклонений от нормы внесения минеральных удобрений, полученных предлагаемым способом и широко применяемым по методике Б.А. Доспехова. При этом коэффициент вариации для разных норм внесения не превышал в среднем 23,2% с точностью опыта 2% по предлагаемому способу против, соответственно, 32,3 и 3 %

Ключевые слова: СПОСОБ КОНТРОЛЯ, КАЧЕСТВО ВНЕСЕНИЯ, МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ, НОРМА, ОТКЛОНЕНИЕ, ТРУДОЕМКОСТЬ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-165-010>

<http://ej.kubagro.ru/2021/01/pdf/10.pdf>

UDC 631.3

05.20.01-Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

QUALITY CONTROL OF SOLID MINERAL FERTILIZERS APPLICATION

Maslov Gennady Georgievich
Dr.Sci.Tech., Professor
RSCI SPIN - code: 7115-7421
maslov-38@mail.ru

Tsybulevsky Valery Viktorovich
Cand.Tech.Sci., associate Professor

Malashikhin Nikolai Vasilyevich
Graduate student
malashikhin95@bk.ru
Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

The article proposes a method of determining application rates of solid granular fertilizers in real time includes stages, which produce a flat rectangular surface of the soil not less than 1 m² without fertilizers. Due to this method we can get images of the soil, make the normalized number of granules of mineral fertilizers and then get the image as a normalized amount of fertilizer; we treat the soil and apply the fertilizer; produce a flat rectangular surface of the soil not less than 1 m² and get the image with the fertilizer. These images are sent for computer processing, they are digitized and filtered by wave transformation to obtain a high-quality image of the object, after entering the area of a flat rectangular surface, the average diameter of the granule and its mass into the MathCad program. Then we perform a size correction. The total mass of granules on the soil surface is determined at least 1 m²; the mass of granules is recalculated per 1 ha of the area of sown soil; compared with the mass corresponding to the required rate of application of mineral fertilizers; the dose of fertilizers is adjusted if necessary. As a result of the research, we have obtained comparative results of deviations from the norm for applying mineral fertilizers obtained by the proposed method and widely used by the method of B. A. Dospikhov. At the same time, the coefficient of variation for different application rates did not exceed an average of 23.2% with an experimental accuracy of 2% for the proposed method against, respectively, 32.3 and 3 %

Keywords: CONTROL METHOD, APPLICATION QUALITY, MINERAL FERTILIZER, STANDARD, DEVIATION, LABORIOUSNESS

Из года в год совершенствуются средства механизации для АПК с целью повышения качества выполнения производственных процессов и снижения затрат. В конкурентоспособности получаемой продукции земледелия решающую роль играет сельскохозяйственная техника [1-3] и оптимизация ее параметров [4], новые ресурсосберегающие технологии [5-7] и рациональное использование машинно-тракторного парка [8-9]. Применяемая в машинных технологиях техника должна не только снижать затраты, повышать производительность, но и строго соблюдать экологические требования, особенно при работе машин со средствами химизации [2, 10, 6], наносящими серьезный урон экологии. Так, неравномерное внесение твердых минеральных удобрений, невыполнение нормы внесения наносит ущерб плодородию почвы, накоплению в ней тяжелых металлов и вредных химикатов. Очень важно при работе машин для внесения удобрений строго соблюдать заданную норму внесения и равномерное распределение туков по поверхности поля [6]. Цель данной статьи предложить новый способ определения нормы внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в реальном времени с использованием автоматизированного контроля предлагаемым устройством, что позволит снизить трудоемкость контроля и возможность оперативной корректировки нормы вносимых удобрений.

Известны различные способы и методики определения качества внесения твердых минеральных удобрений, где главным показателем является отклонение от заданной нормы внесения. Наиболее простой и доступный способ определения нормы внесения удобрений разбрасывающими машинами по методике Б. А. Доспехова [12].

Он заключается в подсчете массы удобрений, внесенных разбрасывающей машиной в специально размещенные емкости (противни) на поле по ходу движения агрегата по ширине захвата машины. Зная ширину захвата разбрасывателя и пройденный путь (обычно 50 м), определяют удоб-

ренную площадь в гектарах. Затем, разделив массу внесенных удобрений в емкостях на рассчитанную площадь, находят норму внесения в центнерах на один гектар (ц/га). Зная научно обоснованную норму и фактическую, проводят настройку разбрасывающей машины на соответствие фактической норме внесения научно обоснованной для конкретной сельхоз культуры.

Недостаток известного способа заключается в большой трудоемкости и недостаточной точности.

Наиболее близким к заявляемому предложению является известный способ определения степени покрытия поверхности рабочей жидкостью (см. патент на изобретение РФ № 2290693), включающий определение количества объектов на плоской поверхности, их компьютерную обработку с помощью программы MathCad в черно-белом изображении с разрешением файла bmp и разрешающей способностью не ниже 300 dpi на дюйм, выбор матрицы плоской поверхности и объекта в пикселях и общей площади всех объектов на плоской поверхности.

Известный способ при всех его преимуществах не может быть применим для оценки нормы внесения на почву твердых минеральных удобрений.

Техническим результатом является расширение функциональных возможностей, повышение точности и снижение трудоемкости.

Технический результат достигается тем, что способ определения количества внесения твердых гранулированных минеральных удобрений в реальном времени, включающий определение количества объектов на плоской поверхности, их компьютерную обработку с помощью программы MathCad в черно-белом изображении с разрешением файла bmp и разрешающей способностью не ниже 300 dpi на дюйм, выбор матрицы плоской поверхности и объекта в пикселях и общей площади всех объектов на плоской поверхности, согласно изобретению в качестве объекта использу-

ют гранулы минеральных удобрений, внесенные на поверхность почвы, предварительно выделяют плоскую прямоугольную поверхность почвы площадью не менее 1 м^2 без удобрений, получают изображение, затем вносят в нее гранулы минерального удобрения в количестве, соответствующем норме внесения и получают изображение этой поверхности почвы с внесенным нормированным количеством удобрения, далее осуществляют обработку почвы, вносят минеральное удобрения в почву, вновь выделяют плоскую прямоугольную поверхность почвы площадью не менее 1 м^2 , получают ее изображение с удобрением, и полученные изображения отправляют на компьютерную обработку, проводят их фильтрацию волновым преобразованием для получения качественного изображения объекта, при этом в программу MathCad вводят размеры площади плоской прямоугольной поверхности почвы в миллиметрах, средний диаметр гранулы в миллиметрах и ее массу в граммах, осуществляют коррекцию размеров плоской прямоугольной поверхности, выраженной в миллиметрах, среднего диаметра гранулы в миллиметрах с матрицей плоской прямоугольной поверхности почвы и диаметра гранулы, выраженных в пикселях, далее с учетом общей площади, занятой гранулами, среднего диаметра гранулы и ее массы определяют общую массу гранул, приходящейся на поверхность почвы площадью не менее 1 м^2 , затем пересчитывают общую массу гранул, приходящейся на 1 га площади, засеваемой почвы и сравнивают с массой, соответствующей требуемой норме внесения минеральных удобрений, если разница между нормой внесения удобрений и внесением их в реальном времени меньше, или равна $\pm 10\%$, то считают, что количество внесенного удобрения соответствует норме, а если нет - то проводят корректировку дозы вносимых удобрений.

На рисунке 1 представлен скриншот изображения плоской прямоугольной поверхности почвы, площадью не менее 1 м^2 ; на рисунке 2 – фото той же поверхности с внесенными на нее гранулами минерального удобрения.

ния в необходимом количестве согласно норме; на рисунке 3– изображено устройство, реализующее способ определения качества внесения твердых гранулированных минеральных удобрений.

Для реализации способа используют устройство для внесения удобрений (рис.3), которое содержит перемещаемое транспортным средством 1 приспособление для внесения удобрений, состоящее из дозирующего устройства 2 с управляющим механизмом 3, связанного с автоматической системой контроля и корректировки дозирования удобрений 4, имеющей микропроцессорное устройство (на рисунке не показано), средство позиционирования, навигационный блок 5 с микропроцессором через согласующее звено 6, соединенное с бортовым компьютером 7 и блок управления 8, который также связан с бортовым компьютером 7. Дозирующее устройство 2 выполнено в виде бункера, а его управляющий механизм 3 – в виде установленных на выходе бункера жалюзи с шаговым двигателем (на рисунке не показано), регулирующей степень раскрытия и открытия жалюзи. Средство позиционирования выполнено в виде цифровых видеокамер 9 и 10. Видеокамера 9 установлена перед приспособлением для внесения удобрений, а видеокамера 10 расположена сзади транспортного средства 1 на высоте, обеспечивающей получение изображений участков поля в прямоугольной форме и реальной площадью не менее 1 м^2 . Компьютер 7 снабжен программным обеспечением «MathCad», которое обеспечивает возможность оцифровки полученных изображений в черно-белом цвете с разрешением файла bmp и разрешающей способностью не ниже 300 dpi на дюйм. Компьютер 7 связан с блоком 11 для включения и отключения видеокамер 9 и 10, расположенных на транспортном средстве 1 для получения изображения в том же месте и работает на основе заданного расстояния L между видеокамерами 9 и 10.

Устройство для внесения удобрений работает следующим образом. Предварительно видеокамеры 9 и 10 устанавливаются на высоте, обеспечивающей получение изображений участков поля в прямоугольной форме и реальной площадью не менее 1 м^2 , примерно на 1 – 1,5 метра.

При въезде на поле оператор (тракторист) устанавливает норму внесения и запускает в работу автоматическую систему 4 контроля и корректировки дозирования удобрений. По команде компьютера 7 видеокамера 9 фотографирует участок поля без удобрений, затем полученное изображение отправляется в компьютер 7. Далее транспортное средство 1 продолжает свой ход. С учетом заданного расстояния L между видеокамерами 9 и 10 от команды компьютера и блоков 5 и 6 срабатывает устройство 11 для включения и отключения видеокамеры 10, расположенной сзади транспортного средства для получения изображения в том же месте, где получено изображение видеокамерой 9,



Рисунок 1 – Фото поверхности почвы без удобрений

пьютер 7, который снабжен программным обеспечением «MathCad», обеспечивающим оцифровку полученных изображений в черно-белом цвете с разрешением файла bmp и разрешающей способностью не ниже 300 dpi на дюйм. Полученные два оцифрованных изображения подвергаются фильтрации волновым преобразованием для получения качественного изображения объекта. В программу MathCad вводят размеры площади плоской прямоугольной поверхности почвы в миллиметрах, средний диаметр гранулы в миллиметрах и ее массу в граммах и осуществляют замену размеров плоской прямоугольной поверхности, выраженной в миллиметрах, среднего диаметра гранулы в миллиметрах с матрицей плоской прямоугольной поверхности почвы и диаметра гранулы, выраженных в пикселях. Далее с учетом общей площади, занятой гранулами, среднего диаметра гранулы и ее массы определяют общую массу гранул, приходящихся на поверхность почвы площадью не менее 1 м^2 , затем пересчитывают общую массу гранул, приходящихся на 1 га площади засеваемой почвы и сравнивают с массой, соответствующей требуемой норме внесения минеральных удобрений. С помощью компьютера 7 определяется фактическая норма внесения минеральных удобрений на поле, которая должна отличаться от требуемой не более чем на $\pm 10\%$. Если разница превышает $\pm 10\%$, то компьютер 7 через согласующее устройство 8 подает команду управляющему механизму 3 дозирующего устройства 2, который, воздействуя на регулировочные жалюзи бункера с удобрениями в дозирующем устройстве 2 для внесения удобрений, корректирует дозу до сопоставимой.

Точность попадания видеокамеры 10 на место съемки видеокамеры 9 до внесения удобрений определяется включением видеокамеры 10 по команде бортового компьютера 7 через время t прохождения расстояния L между видеокамерами 9 и 10. Компьютер 7 рассчитывает это время t по известной формуле: $t = L/v$, где L - расстояние в метрах между видеокамерами 9 и 10 (оно заведено в программу компьютера), а v – скорость движе-

ния в м/с трактора 1 с устройством 5. Скорость движения v определяется навигационным блоком 5, имеющим систему ГЛОНАСС и через компьютер 7 передается на устройство 11 для включения и отключения видеокамеры 10.

После этого процесс повторяется через время, заданное в компьютере 7 оператором для контроля заданной нормы внесения. Можно повысить точность внесения удобрений с погрешностью до $\pm 1\%$ за счет уменьшения промежутков времени между контрольными замерами.

Для подтверждения эффективности предлагаемого способа были проведены опыты, для которых были выделены делянки площадью по 0,5 га, одна из них контрольная, другая – опытная. На контрольной делянке вносили удобрения и по методу Б.А. Доспехова определяли норму внесения удобрений. На опытной делянке вносили удобрения и определяли норму внесения по заявляемому способу. Сравнили нормы внесения удобрений заявляемым способом с методом по Б. А. Доспехову и получили следующие результаты, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1- Сравнительная оценка величины отклонений от нормы внесения минеральных удобрений, полученных предлагаемым способом и по методу Б. А. Доспехова.

Нормы внесения удобрений ц/га	Отклонение от заданной нормы внесения удобрений при использовании заявляемого способа, ц/га								Отклонение от заданной нормы внесения удобрений по методике Б. А. Доспехова, ц/га							
	Повторности			M _c р ц/г а	D, ц/г а ²	G, ц/г а	v ,%	P, %	повторности			M _c р, ц/г а	D, ц/г а ²	G, ц/г а	v ,%	P, %
	1	2	3						1	2	3					
5.0	0. 6	0. 4	0. 7	0.6	0.0 3	0.1 6	26. 7	2.0	0.9	0. 8	0. 5	0.7	0.0 44	0.2 1	30. 0	3. 0
3.0	0. 4	0. 3	0. 3	0.3	0.0 3	0.0 7	21. 2		0.3	0. 4	0. 3	0.3	0.0 5	0.2 2	30. 0	
2.5	0. 3	0. 2	0. 2	0.2	0.0 03	0.0 5	21. 7		0.2	0. 3	0. 3	0.2	0.0 1	0.1 0	37. 0	

Условные обозначения, принятые в таблице 1.

$M_{\text{ср}}$ - среднее арифметическое значение параметра, ц/га,

D - дисперсия, ц/га²,

G - среднее квадратичное отклонение, ц/га,

v - коэффициент вариации,%,

P - точность опыта,%.

Данные по коэффициенту вариации и точности опыта различаются несущественно, однако трудоемкость оценки предлагаемого способа ниже контрольного в несколько раз. В этой связи предлагаемый способ по сравнению с прототипом является наиболее эффективным.

Полученные результаты исследований подтверждают возможность применения предлагаемого способа для оценки качества внесения минеральных удобрений с учетом отклонения заданной нормы внесения. В нашем исследовании предлагаемый способ обеспечил более высокую точность опыта (2% против 3% по обычному методу с противнями), значительно меньшую дисперсию разброса данных и значение коэффициента вариации: среднее значение коэффициента вариации для разных норм внесения удобрений составило 23,5 процента на опыте и 32,3 процента – на контроле при значительно меньшей трудоемкости измерений.

Список литературы

1. Маслов Г.Г. Методика комплексной оценки эффективности сравниваемых машин // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. №10. – С.31-33
2. Маслов Г., Палапин А., Ринас Н. Многофункциональный уборочный агрегат // Международный сельскохозяйственный журнал. - 2014. № 1-2. С. 16-19.
3. Патент на изобретение RU 2246195 С2, 20.02.2005. Протравливатель семян. Авторы: Борисова С.М., Маслов Г.Г., Мечкало А.Л., Трубилин Е.И / Заявка № 2003109126/12 от 31.03.2003.
3. Милюткин В.А., Буксман В.Э. Внедрение в земледелие АПК России сельхозмашин нового поколения с цифровым управлением технологического процесса // Сборник статей по материалам межд. науч.-практ. конф., посвященной 125-летию со дня рождения Т.С. Мальцева: «Развитие и внедрение современных научноёмких технологий для модернизации АПК». – С.728.

4. Maslov G.G., Trubilin E.I., Truflyak E.V. Parameters optimization for multifunctional aggregates in plant growing mechanization // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. - Т.7. № 3. С.1919-1926.

5. Maslov G.G., Tkachenko V.T., Yudina E.M., Kadyrov M.R., Kalitko S.A. The improvement of the technology of winter wheat grain production for the purpose of energy saving // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. Т.12. № 3. С.2071-2080.

6. Агротехнические требования к основным технологическим операциям при адаптивных технологиях возделывания озимых колосовых и кукурузы и новые технические средства для их выполнения в Краснодарском крае / Рыбалкин П.Н., и др. // Рекомендации: Департамента сельского хозяйства и продовольствия Краснодарского края, Краснодарский НИИСХ им П.П. Лукьяненко – Краснодар 2001.

7. Maslov G.G., Trubilin E.I. Rational process machines system for producing sunflower seeds and its efficiency // World Applied Sciences Journal. 2014. Т. 29. № 12. С.1615-1620.

8. Маслов Г.Г., Карабаницкий А.П., Кочкин Е.А. Техническая эксплуатация МТП. / Учебное пособие для студентов агроинженерных вузов // Краснодар, 2008.

9. Маслов Г.Г., Овчаренко А.О., Шандыба О.М. МТС - партнер сельхозпроизводителя или арендатор? // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1999. № 6. С.6-7.

10. Шичих Р.А., Шадрина Ж.А., Рыбалко Н.В., Харченко С.Н. Государственное регулирование ценовой политики агроэкономики в современных условиях (на примере плодово-ягодного подкомплекса краснодарского края) / Р.А. Шичих, Ж.А. Шадрина, Н.В. Рыбалко, С.Н. Харченко // Бизнес. Образование. Право. – 2018. № 4 (45). – С. 80-87.

11. Патент РФ №2725787 С1. Способ определения качества внесения минеральных удобрений / Авторы: Маслов Г.Г., Цыбулевский В.Н., Малашихин Н.В., Полуэктов А.А. Дата подачи заявки 14.05.2019. Опубликовано 06.07.2020. Бюллетень №19

12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. / Учебник для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по агрономическим специальностям / Б. А. Доспехов. Москва, 2011. (Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г.)

References

1. Maslov G.G. Metodika kompleksnoj ocenki effektivnosti sravnivaemyx mashin // Traktory i sel'hoz mashiny. – 2009. №10. – С.31-33

2. Maslov G., Palapin A., Rinas N. Mnogofunkcionalnyj uborochnyj agregat // Mezhdunarodnyj sel'skoxozyajstvennyj zhurnal. - 2014. № 1-2. S. 16-19.

3. Patent na izobretenie RU 2246195 C2, 20.02.2005. Protravlivatel' semyan. Avtory: Borisova S.M., Maslov G.G., Mechkalo A.L., Trubilin E.I / Zayavka № 2003109126/12 ot 31.03.2003.

3. Milyutkin V.A., Buksman V.E. Vnedrenie v zemledelie APK Rossii sel'hoz-mashin novogo pokoleniya s cifrovym upravleniem texnologicheskogo processa // Sbornik statej po materialam mezhd. nauch.-prakt. konf., posvyashhennoj 125-letiyu so dnya rozhdeniya T.S. Mal'ceva: «Razvitie i vnedrenie sovremennyx nauchnoyomkix texnologij dlya modernizacii APK». – S.728.

4. Maslov G.G., Trubilin E.I., Truflyak E.V. Parameters optimization for multifunctional aggregates in plant growing mechanization // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. - Т.7. № 3. S.1919-1926.

5. Maslov G.G., Tkachenko V.T., Yudina E.M., Kadyrov M.R., Kalitko S.A. The improvement of the technology of winter wheat grain production for the purpose of energy saving // Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. T.12. № 3. S.2071-2080.

6. Agrotexnicheskie trebovaniya k osnovny`m texnologicheskim operaciyam pri adaptivny`x texnologiyax vozdeley`vaniya ozimny`x kolosovy`x i kukuruzy` i novy`e texni-cheskie sredstva dlya ix vy`polneniya v Krasnodarskom krae / Ry`balkin P.N., i dr. // Re-komendacii: Departamenta sel`skogo xozyajstva i prodovol`stviya Krasnodarskogo kraya, Krasnodarskij NIISX im P.P. Luk`yanenko – Krasnodar 2001.

7. Maslov G.G., Trubilin E.I. Rational process machines system for producing sunflower seeds and its efficiency // World Applied Sciences Journal. 2014. T. 29. № 12. S.1615-1620.

8. Maslov G.G., Karabaniczkiy A.P., Kochkin E.A. Texnicheskaya e`kspluatatsiya MTP. / Uchebnoe posobie dlya studentov agroinzhenerny`x vuzov // Krasnodar, 2008.

9. Maslov G.G., Ovcharenko A.O., Shandy`ba O.M. MTS - partner sel`hozproduzitelya ili arendator? // Mexanizatsiya i e`lektrifikatsiya sel`skogo xozyajstva. 1999. № 6. S.6-7.

10. Shichiyax R.A., Shadrina Zh.A., Ry`balko N.V., Xarchenko S.N. Gosudarstvennoe regulirovanie cenovoy politiki agro`ekonomiki v sovremenny`x usloviyax (na primere plodovo-yagodnogo podkompleksa krasnodarskogo kraya) / R.A. Shichiyax, Zh.A. Shadrina, N.V. Ry`balko, S.N. Xarchenko // Biznes. Obrazovanie. Pravo. – 2018. № 4 (45). – S. 80-87.

11. Patent RF №2725787 S1. Sposob opredeleniya kachestva vneseniya mineral`ny`x udobrenij / Avtory`: Maslov G.G., Cybulevskij V.N., Malashixin N.V., Polue`ktov A.A. Data podachi zayavki 14.05.2019. Opublikovano 06.07.2020. Byulleten` №19

12. Dospexov B.A. Metodika polevogo opy`ta. / Uchebnyy` dlya studentov vy`sshix sel`skoxozyajstvenny`x uchebny`x zavedenij po agronomicheskim special`nostyam / B. A. Dospexov. Moskva, 2011. (Izd. 6-e, ster., perepech. s 5-go izd. 1985 g.)