

УДК 631.333

DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-29-33

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА СКАНЕРОВ НА КАЧЕСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАСТЕНИЙ ПИТАТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ПРИ ИХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМ ВНЕСЕНИИ

Пономаренко И.Г.^{1*},
канд. техн. наук;

Новоженев И.А.²

¹Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Донского государственного аграрного университета, ул. Ленина, 21, г. Зерноград, Ростовская область, 347740, Российская Федерация, *e-mail: igor_ponomarenko@mail.ru

²Сальский аграрно-технический колледж, ул. Крупской, 6, п. Гигант, Сальский район, Ростовская область, 347628, Российская Федерация

Рассмотрен процесс дифференцированного внесения минеральных удобрений в режиме *on-line*, при котором наличие питательных элементов определяется с помощью сканера (сенсора). Программа исследований предусматривала изучение влияния количества сканеров, установленных по ширине захвата машины, на качество обеспечения растений питательными элементами. Определили, что одним из показателей, характеризующих качество выполнения технологического процесса внесения минеральных удобрений, является неравномерность распределения удобрений по ширине захвата машины. Отметим, что для качественного распределения удобрения необходимо обеспечить минимальную неравномерность фактической дозы внесения по отношению к требуемой. Получено выражение, позволяющее определить неравномерность распределения удобрений по ширине захвата машины, обусловленную невозможностью измерения и, впоследствии, обеспечения внесения потребной дозы в каждой точке выделенного участка. Выявлены факторы, влияющие на неравномерность распределения. Выполнена численная оценка неравномерности для разных условий внесения минеральных удобрений. Она показала, что даже при абсолютно равномерном распределении удобрений по ширине захвата машины отклонения фактических доз внесения удобрений в сравнении с требуемыми могут значительно превышать допустимую агротехническими требованиями величину. Установили, что дополнительные сканеры позволяют пропорционально снизить коэффициент неравномерности распределения удобрений по ширине захвата машины.

Ключевые слова: дифференцированное внесение удобрений, минеральные удобрения, туковысевающий аппарат, сканеры, равномерность распределения удобрений.

■ **Для цитирования:** Пономаренко И.Г., Новоженев И.А. Влияние количества сканеров на качество обеспечения растений питательными элементами при их дифференцированном внесении // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2017. №1. С. 29-33.

INFLUENCE OF SCANNERS NUMBER ON QUALITY OF NUTRIENTS PROVIDING OF PLANTS AT DIFFERENTIATED FERTILIZATION

I.G. Ponomarenko^{1*},
Cand. Sci. (Eng.);

I.A. Novozhenov²

¹Azov-Black Sea Engineering Institute – Don State Agrarian University, Lenin St., 21, Zernograd, Rostov Region, 347740, Russian Federation, *e-mail: igor_ponomarenko@mail.ru

²Salsk agricultural technical College, Krupskaya St., 6, vil. Gigant, Salsk district, Rostov region, 347628, Russian Federation

At the *on-line* mode of differentiated mineral fertilization the availability of nutrients is determined by scanner (sensors). The programme of researches contained the study of the effect of the number of scanners placed across the machine operating width on the quality of nutrients providing of plants. One of the indicators of the quality of the technological process of mineral fertilization is the distribution of fertilizer across the machine working width. For the precise distribution is necessary to ensure minimal irregularity of the actual dose relative to addition ones. The equation allowing to define the inaccurate distribution of fertilizers across the machine working width caused by impossibility of measurement and, afterwards, providing of application of a required dose in each point of the selected section is received. The factors

influencing inaccurate distribution are revealed. Numerical evaluation of irregularity for different conditions of mineral fertilization is executed. Even in case of absolutely precise distribution of fertilizers across the machine working width the deviations of the actual doses of application of fertilizers in comparison with required can exceed the value allowed by agrotechnical requirements considerably. Additional scanners allow to lower in proportion coefficient of irregularity of distribution of fertilizers across the machine working width.

Keywords: Differentiated fertilization; Chemical fertilizers; Fertilizer distributor; Scanners; Precise fertilization.

For citation: Ponomarenko I.G., Novozhenov I.A. Influence of scanners number on quality of nutrients providing of plants at differentiated fertilization. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2017; 1: 29-33. DOI 10.22314/2073-7599-2018-11-1-29-33. (In Russian)

Применение минеральных удобрений – один из путей повышения урожайности сельскохозяйственных культур. В разные периоды роста растениям требуется определенное количество питательных элементов. Этот показатель неоднороден на различных участках поля. Поэтому необходимо вносить удобрения дифференцированно, в соответствии с потребностями культур и обеспечением почвенного плодородия на каждом конкретном участке.

Это позволяет повысить экономическую эффективность использования минеральных удобрений и снизить риск загрязнения окружающей среды избыточным количеством средств химизации [1-3].

Дифференцированное внесение удобрений проводят в режиме *on-line* (реального времени) и *off-line* (с готовой картой поля). В первом случае сканер (сенсор), расположенный на тракторе, определяет и передает в бортовой компьютер данные о количестве питательных элементов в растениях [4-10]. Бортовой компьютер преобразовывает, сравнивает полученные данные с установленным параметром и вычисляет потребную норму внесения удобрений, после чего посылает сигнал дозирующим устройствам.

При таком подходе по всей ширине захвата машины будет вноситься доза, рассчитанная для того места на поле, где сканер определяет количество питательных элементов. Это, естественно, приведет к несоответствию фактической и требуемой доз внесения на участках ширины захвата машины, удаленных от сканера, что может вызвать потери урожая. Несоответствие может быть тем больше, чем дальше от сканера находится рассматриваемый участок и чем более интенсивно изменяется содержание питательных элементов в почве.

Снизить отклонение дозы внесения от требуемой растениями можно уменьшением ширины захвата машины или установкой нескольких сканеров по ширине захвата машины.

Простое уменьшение ширины захвата машины относительно ее потенциальных возможностей сократит производительность и, следовательно, увеличит затраты на производство сельхозпродукции. С другой стороны, установка нескольких сканеров

также сопряжена со значительными затратами на приобретение самих сканеров и сопутствующего дополнительного оборудования.

В настоящее время выдвигаются разные предложения по количеству устанавливаемых сканеров [8-9].

Цель исследования – выявление влияния количества сканеров и ширины захвата машины на качество дифференцированного внесения минеральных удобрений для оптимального обеспечения растений питательными элементами.

Материалы и методы. Рассмотрим участок поля шириной, равной ширине захвата туковысевающего аппарата. Если питательные элементы плохо распределены в почве, то наблюдается резкое непрерывное изменение их количества по всей поверхности выделенного участка.

В большинстве случаев сканер устанавливают на тракторе. При этом оценка наличия питательных элементов будет происходить только в середине ширины выделенного участка поля. Именно по этим данным и будут рассчитывать требуемую норму внесения удобрений. Следовательно, по всей ширине захвата машины будет вноситься одинаковое количество удобрений, определенное исходя из наличия питательных элементов в середине выделенного участка поля. Это приведет к тому, что на одну часть выделенного участка будет попадать недостаточное количество удобрений, а на другую – избыточное.

Оценкой качества внесения удобрений служит коэффициент неравномерности, определяемый как коэффициент вариации фактических доз на рассматриваемых элементарных участках ширины захвата относительно средней.

Примем допущение о том, что машина для внесения удобрений обеспечивает абсолютно равномерное распределение удобрений по ширине захвата, то есть неравномерность равна нулю. Тогда коэффициент неравномерности, обусловленный невозможностью внесения требуемой дозы внесения удобрений на каждый элементарный участок ширины захвата машины, можно определить как коэффициент вариации фактических доз удобрений по отношению к требуемым:



$$v = \frac{100}{D_{\text{факт}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (D_{\text{факт}} - D_{\text{тp } i})^2}, \quad (1)$$

где v – коэффициент неравномерности, %;
 n – число проб, отобранных на ширине захвата машины;

$D_{\text{факт}}$ – фактические дозы, кг/га;

$D_{\text{тp } i}$ – требуемые дозы, кг/га.

Исходя из наличия питательных элементов в почве можно вычислить дозу внесения удобрений, необходимую для получения запланированного урожая. На рассматриваемом участке требуемая доза внесения изменяется (рисунки) по закону:

$$D_{\text{тp } i} = A + \nabla D \cdot l,$$

где A – требуемая доза внесения удобрений по левой границе выделенного участка, кг/га;

∇D – градиент дозы внесения удобрений на рассматриваемом участке, (кг/га)/м;

l – расстояние от левой границы выделенного участка до i -ой точки отбора пробы, м.

В произвольной i -ой точке требуемая доза внесения будет равна:

$$D_{\text{тp } i} = D_{\text{факт}} \pm \Delta D_i. \quad (2)$$

В этой точке отклонение фактической дозы от требуемой составит:

$$\Delta D_i = \Delta D \cdot l_i, \quad (3)$$

где l_i – расстояние от продольной оси трактора (места установки сканера) до рассматриваемой i -ой точки отбора пробы, м.

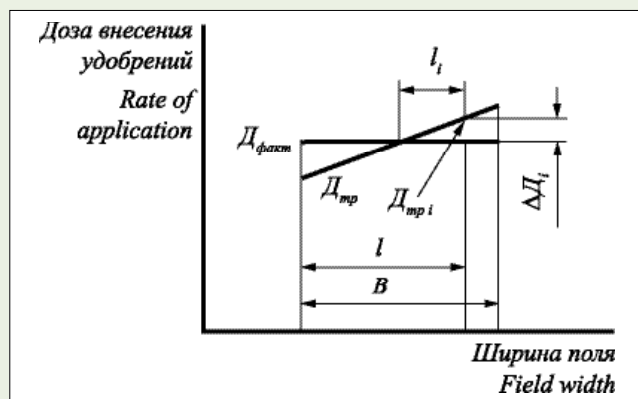


Рис. Схема к определению неравномерности распределения питательных элементов по ширине захвата машины

Fig. Scheme to definition of irregularity in the nutrients distribution across the machine operating width

Тогда неравномерность распределения удобрений определим по формуле:

$$v = \frac{100}{D_{\text{факт}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\nabla D \cdot l_i)^2}. \quad (4)$$

Выполнив преобразования, установили, что неравномерность распределения удобрений по ши-

рине захвата машины, обусловленная невозможностью измерения и, впоследствии, обеспечения потребной дозы внесения в каждой точке выделенного участка, можно вычислить по формуле:

$$v = \frac{28,9 \cdot B \cdot \nabla D}{D_{\text{тp}}}, \quad (5)$$

где B – ширина захвата машины, м.

Результаты и обсуждение. Из полученного выражения следует, что неравномерность прямо пропорциональна ширине захвата машины и градиенту дозы внесения удобрений, а также обратно пропорциональна дозе внесения удобрений.

Рост неравномерности распределения удобрений с увеличением ширины захвата машины и градиента дозы внесения удобрений связан с повышением отклонения дозы внесения удобрений, определенного в месте установки сканера, от потребной дозы их внесения в конкретном месте ширины захвата.

Увеличение неравномерности с уменьшением требуемой дозы внесения обусловлено тем, что одно и то же абсолютное отклонение фактической дозы внесения от требуемой соотносится с меньшей величиной последней.

Требуемая доза внесения удобрений зависит от обеспеченности почвы питательными элементами. При планируемой урожайности зерна 40 ц/га, характерной для зернового производства Ростовской области, доза внесения действующего вещества азота изменяется от 20 кг/га (при очень высокой обеспеченности почв питательными элементами) до 56 кг/га (при очень низкой).

Наиболее распространенная ширина захвата у машин со штанговым рабочим органом – 10 м, с бросковым рабочим органом – 20 м.

Из анализа требуемых доз внесения, выполненного по картам наличия питательных элементов (агрохимические карты поля), следует, что градиент дозы внесения может достигать $\Delta D = 0,8$ (кг/га)/м [2-5]. При таких условиях неравномерность может достигать $v=15\%$ для штанговых туковывсевающих аппаратов и $v=23\%$ – для бросковых.

Современные импортные машины для внесения удобрений с центробежными рабочими органами обеспечивают распределение удобрений по ширине до 48 м. При такой ширине захвата неравномерность может достигать 55%.

При установке двух сканеров равномерно по ширине захвата машины каждый из них будет приходиться на половину этой ширины; при установке трех – на 1/3. Однако при этом рабочий орган машины должен иметь возможность обеспечивать разную дозу внесения удобрений на участках ширины захвата машины, обслуживаемых разными сканерами.



В машинах со штанговым рабочим органом такая возможность имеется: левая и правая штанги при соответствующей конструкции могут обеспечить разные дозы внесения удобрений. В случае установки двух сканеров на такой тип машин неравномерность распределения удобрений снизится и не превысит 5,8%.

Машины с двухдисковым центробежным рабочим органом при установке специальной системы автоматического управления также имеют возможность отдельного изменения норм внесения с правой и левой сторон. Для машин с рабочей шириной захвата 20 м неравномерность распределения удобрений может достигать 11,5%, а с шириной захвата 48 м – 27,7%. Следовательно, для обеспечения требуемой равномерности распределения удобрений необходимо уменьшать рабочую ширину захвата машины.

Таким образом, при *on-line* режиме дифференцированного внесения минеральных удобрений даже при их равномерном распределении туковывсевающим аппаратом по ширине захвата машины будет происходить неравномерное внесение, обусловленное равенством требуемой и фактической дозы внесения удобрений только в месте установки сканера и их несоответствием на удалении от него. Эта неравномерность будет накладываться на неравномерность распределения удобрений туковывсевающим аппаратом по ширине захвата машины. В итоге результирующая неравномерность распределения может значительно превышать допускаемую агротехническими требованиями величину.

Полученные результаты исследований могут

быть полностью перенесены и на *off-line* режим дифференцированного внесения удобрений, при котором в бортовой компьютер записывается заранее полученная карта распределения питательных элементов по полю, так как различие с *on-line* режимом заключается только лишь в способе определения наличия питательных элементов. При этом данные должны считываться из агрохимической карты поля для той точки ширины захвата машины, где был бы установлен сканер при *on-line* режиме.

Выводы

1. Неравномерность распределения минеральных удобрений, обусловленная невозможностью обеспечения требуемой нормы внесения удобрений по всей ширине захвата машины, прямо пропорциональна ширине захвата машины и градиенту дозы внесения удобрений и обратно пропорциональна величине требуемой дозы внесения. Ее можно определить по формуле (5).

2. Установка дополнительных сканеров или уменьшение ширины захвата машины при неизменном количестве сканеров пропорционально снижает неравномерность распределения удобрений по ширине захвата машины. Однако это должно сопровождаться обеспечением возможности внесения разных доз удобрений на участках ширины захвата машины, обслуживаемых разными сканерами.

3. Раздельное регулирование норм внесения минеральных удобрений между двумя половинами ширины захвата машины снизит неравномерность обеспечения растений питательными элементами, что позволит получить дополнительный урожай.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Управление и информационное обеспечение инновационными технологическими процессами в растениеводстве // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сборник докладов Международной научно-технической конференции. Ч. 1. М.: ВИМ, 2010. С. 47-58.

2. Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П. Инновационные механизированные технологии и автоматизированные технические системы для сельского хозяйства // Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем: Сборник докладов Международной научно-технической конференции Ч. 1. М.: ВИМ, 2012. С. 31-44.

3. Колесникова В.А., Марченко Л.А., Романов Г.В., Мочкова Т.В., Мальцев Ю.В. Проблемы технического обеспечения и навигации полевых машин для диффе-

ренцированного внесения жидких средств химизации // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сборник докладов Международной научно-технической конференции. Ч. 2. М.: ВИМ, 2008. С. 589-595.

4. Колесникова В.А. Научно-техническое решение дифференцированного применения жидких средств химизации в системе координатного земледелия // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: Сборник докладов Международной научно-технической конференции. Ч. 2. М.: ВИМ, 2008. С. 638-645.

5. Bah A., Balasundram S.K., Husni M.H.A. Sensor Technologies for Precision Soil Nutrient Management and Monitoring. American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 2012; 7(1): 43-49.

6. Joan Ramon Rosell Polo, Ricardo Sanz, Jordi Llorens, Jaume Arnó, Alexandre Escolá, Manel Ribes-Dasi, Joan



Masip, Ferran Camp, Felip Graciá, Francesc Solanelles, Tomás Pallejá, Luis Val, Santiago Planas, Emilio Gil, Jordi Palacin. A tractor-mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: A comparison with conventional destructive measurements. *Biosystems engineering*. 2009; 102: 128-134

7. 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.

8. Личман Г.И., Батурин В.А., Марченко А.Н. Опре-

деление доз при дифференцированном внесении удобрений // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2012. N3. С. 35-37.

9. Евстропов А. Режим on-line: дифференцированное внесение удобрений // Ресурсосберегающее земледелие. 2009. N2. С. 26-29.

10. Пат. 2452167 РФ, Способ и устройство дифференцированного припосевного внесения основных и стартовых доз минеральных удобрений / Марченко Н.М., Марченко А.М., Лобачевский Я.П., Личман Г.И., Педай Н.П., Михеев В.В., Рогачев В.Р., Тыкушин А.А. 2012. Бюл. N16.

REFERENCES

1. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Management and information support by innovative technological processes in plant industry. *Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 1. Moscow: VIM, 2010: 47-58. (In Russian)

2. Izmaylov A.Yu., Lobachevskiy Ya.P. Innovative mechanized technologies and the automated technical systems for agriculture. *Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologiy i avtomatizirovannykh sistem: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 1. Moscow: VIM, 2012: 31-44. (In Russian)

3. Kolesnikova V.A., Marchenko L.A., Romanov G.V., Mochkova T.V., Mal'tsev Yu.V. Problems of technical support and navigation of field machines for differentiated application of liquid chemical products. *Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 2. Moscow: VIM, 2008: 589-595. (In Russian)

4. Kolesnikova V.A. Scientific and technical solution of differentiated application of liquid chemical products in system of coordinate agriculture. *Avtomatizatsiya i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khozyaystve: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Vol. 2. Moscow: VIM, 2008: 638-645. (In Russian)

5. Bah A., Balasundram S.K., Husni M.H.A. Sensor Technologies for Precision Soil Nutrient Management and Monitoring. *American Journal of Agricultural and Biological*

Sciences. 2012; 7(1): 43-49. (In English)

6. Joan Ramon Rosell Polo, Ricardo Sanz, Jordi Llorens, Jaume Arnó, Alexandre Escolá, Manel Ribes-Dasi, Joan Masip, Ferran Camp, Felip Graciá, Francesc Solanelles, Tomás Pallejá, Luis Val, Santiago Planas, Emilio Gil, Jordi Palacin. A tractor-mounted scanning LIDAR for the non-destructive measurement of vegetative volume and surface area of tree-row plantations: A comparison with conventional destructive measurements. *Biosystems engineering*. 2009; 102: 128-134. (In English)

7. 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 for application of chemical products in system of precision agriculture]. Moscow: VIM, 2016: 100. (In Russian)

8. Lichman G.I., Baturin V.A., Marchenko A.N. Definition of doses at differentiated fertilization. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2012; 3: 35-37. (In Russian)

9. Evstropov A. On-line mode: differentiated fertilization. *Resursosberegayushchee zemledelie*. 2009; 2: 26-29. (In Russian)

10. Pat. 2452167 RF. Sposob i ustroystvo differentsirovannogo priposevnogo vneseniya osnovnykh i startovykh doz mineral'nykh udobreniy [Method and device of differentiated sowing application of basic and starting doses of mineral fertilizers]. Marchenko N.M., Marchenko A.M., Lobachevskiy Ya.P., Lichman G.I., Peday N.P., Mikheev V.V., Rogachev V.R., Tykushin A.A. 2012. Byul. N16. (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.

