

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЧЕРНОЗЕМЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Виктор Иванович Корчагин<sup>1</sup>, директор  
Юрий Александрович Кошелев<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, главный агрохимик  
Николай Георгиевич Мязин<sup>2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
зав. кафедрой агрохимии, почвоведения и экологии  
Роман Николаевич Ратников<sup>3</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук,  
заместитель генерального директора по растениеводству

<sup>1</sup>Государственный центр агрохимической службы «Воронежский»

<sup>2</sup>Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

<sup>3</sup>Управляющая компания «ЭкоНива-АПК Холдинг»

DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.1.17

Как показывает практика, существующие методы ведения сельского хозяйства устарели, а новые прогрессивные технологии, признанные и успешно применяемые во всем мире, еще не получили должного развития в России. В этой связи целью исследования являлось проведение анализа освоения и внедрения элементов точного (координатного) земледелия на территории Воронежской области. В процессе реализации поставленной цели решались следующие задачи: дать сравнительную оценку традиционного и современного подхода к проведению агрохимического обследования полей; выявить корреляционную зависимость урожая зерна кукурузы от показателей почвенного плодородия; рассчитать ожидаемую экономическую эффективность от применения обычного и дифференцированного внесения удобрений на примере сахарной свеклы. Объектами исследования являлись кукуруза на зерно и сахарная свекла. Исследования проводили на полях хозяйства ООО «ЭкоНиваАгро» Лискинского района Воронежской области в 2015 году на черноземе выщелоченном. В ходе проведения исследований установлена положительная связь урожая кукурузы на зерно с содержанием  $P_2O_5$  и гумуса в почве. Коэффициенты корреляции свидетельствуют о средней связи урожая кукурузы на зерно с их содержанием в почве, которые составили для подвижного фосфора 0,5, а для гумуса – 0,6. Расчет ожидаемой экономической эффективности двух технологий применения минеральных удобрений показал, что прибавка от дифференцированного внесения удобрений под сахарную свеклу составила 117 ц/га, что на 6 ц/га больше по сравнению с традиционным внесением. Это отразилось на получении чистого дохода, который на 4,7% превысил аналогичный показатель при обычном земледелии. Внедрение точного земледелия позволяет снизить расход средств химизации, уменьшить непроизводительные потери элементов питания, повысить урожайность при хорошем качестве продукции и высокой окупаемости удобрений.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** точное земледелие, система GPS навигации, дифференцированное внесение удобрений, картирование урожайности, корреляционная зависимость.

Practice shows that existing methods of farming are outdated, while new advanced technologies widely recognized and successfully utilized throughout the world are still underdeveloped in Russia. In this context the objective of the study was to analyze the reclamation and implementation of elements of precision (coordinate) agriculture in Voronezh Oblast. In the process of completion of the outlined objective the following tasks were solved: performing a comparative evaluation of traditional and contemporary approach to agrochemical field inspection; identifying a correlation dependence of corn grain yield from indicators of soil fertility; calculation of expected cost-effectiveness of conventional and differential fertilizer application as exemplified by sugar beet. Investigations were carried out on leached chernozem in the fields of EkoNivaAgro LLC in Liskinsky district of Voronezh Oblast in 2015. During the study the authors have established a positive relationship between corn grain yield and  $P_2O_5$  content in humus and soil. The correlation coefficients indicate that there is a medium correlation between corn grain yield and their content in soil (0.5 for mobile phosphorus and 0.6 for humus). The calculation of expected cost-effectiveness of two technologies of mineral fertilizer application has shown that the increase due to differential fertilizer application to sugar beet was 117 c/ha, which is 6 c/ha higher compared to conventional application. This was reflected in the net income, which was 4.7% higher than if using ordinary pattern of agriculture. The introduction of precision agriculture helps to reduce the consumption of chemicals, decrease a wasteful loss of nutrients, and increase the yield with good quality of product and high return on investments in fertilizers maintenance.

**KEY WORDS:** precision agriculture, GPS navigation system, differential fertilizer application, yields mapping, correlation dependence.

**В** настоящее время одним из современных направлений в развитии ресурсосберегающих технологий является так называемое точное земледелие, которое является интегрированным процессом управления ростом растений в соответствии с их потребностями. Иначе говоря, это оптимальное управление для каждого квадратного метра поля [3].

Точное земледелие – это не только качественно новая система земледелия, но и новая стратегия ведения сельскохозяйственного производства, которая использует информационные технологии, извлекая данные из множества различных источников, и обеспечивает принятие оптимальных решений по управлению сельскохозяйственным предприятием; еще ее называют аккуратным сельским хозяйством [2].

Существует много определений этого нового направления в сельском хозяйстве. Смысл заключается в том, что каждое поле рассматривается как неоднородное по почвенному покрову, рельефу, содержанию элементов питания, влагообеспеченности и т.д. Для каждого участка в пределах одного поля разрабатываются дифференцированные технологии земледелия, направленные на получение заданных экономически и обусловленных экологически урожаев при максимальной экономии невозобновляемых ресурсов.

На сегодняшний день одной из главных причин, сдерживающих широкое применение ресурсосберегающих технологий точного земледелия в России, и в частности на территории Воронежской области, является то, что нет достаточно глубоких исследований и рекомендаций по их применению.

Первые шаги на пути внедрения высоких технологий в отечественном адаптивно-ландшафтном земледелии на территории Воронежской области были сделаны ООО «Эко-НиваАгро», отраслевым подразделением УК «ЭкоНива-АПК Холдинг», расположенным в Лискинском районе и работающим с марта 2002 года. Начав с самого простого элемента точного земледелия – параллельного вождения, к 2010 году хозяйство стало осваивать одно из главных направлений в точном земледелии – дифференцированное внесение удобрений.

Необходимым условием для разработки и освоения технологий дифференцированного применения удобрений и других агрохимических средств является картографирование внутрипольной пестроты почвенного плодородия, что может быть достигнуто путем агрохимического обследования полей по элементарным участкам, позволяющего с допустимой точностью отразить эту пестроту [5].

С 2009 года в рамках выполнения задания Министерства сельского хозяйства, а также внедрения геоинформационных технологий в практику агрохимических обследований агрохимический центр «Воронежский» стал проводить обследование почв сельхозгодий современными методами, предусматривающими использование GPS – оборудования с точным фиксированием места отбора проб, автоматического пробоотборника, а также специального программного обеспечения для создания картограмм содержания питательных элементов.

Отбор проб почв в полевых условиях стал осуществляться с установлением географических координат или определением маршрутов прохода с помощью GPS – навигаторов. Это позволяет с высокой точностью проводить агрохимическое обследование в установленных местах с возможной периодичностью возврата специалистов учреждения на то же самое место, где проводился отбор проб, для выяснения изменения агрохимического состава почвенного покрова (рис. 1).

В этой связи у сельхозпроизводителей появилась высококачественная информация о пространственном варьировании различных почвенных показателей, которые могут лимитировать урожайность на конкретных участках поля. Все это дает предпосылки к проведению работ по точному земледелию, в частности к применению дифференцированного внесения удобрений.

Впервые центром агрохимслужбы «Воронежский» внедрение работ по точному земледелию в плане получения высококачественной информации о пространственном варьировании различных показателей плодородия почв, используемых при расчете дифференцированных доз внесения удобрений, проводилось в условиях хозяйств ООО «ЭкоНиваАгро» Лискинского, Каменского и Бобровского районов, где в период с 2010 по 2015 год было проведено комплексное агрохимическое обследование сельхозугодий с использованием GPS – оборудования на площади более 112 000 га. Полученный материал использовался хозяйством для дифференцированного внесения удобрений.

Необходимо отметить, что методика отбора образцов при точном земледелии предусматривает взятие средней пробы на поле, разбитом на элементарные участки площадью от 1 до 10 га. Следовательно, чем меньше площадь элементарного участка, с которой будет отобран смешанный образец, тем выше достоверность данных, но при этом увеличивается и стоимость проведения агрохимических работ.



Рис. 1. Точки отбора проб с использованием GPS – навигатора

Руководствуясь инструкциями по методике отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений, а также по согласованию с руководством ООО «ЭкоНиваАгро», отбор образцов осуществляли с 10 га. По традиционной методике агрохимического обследования пашни смешанный образец отбирается с 15-25 га, что снижает точность обследования в 1,5-2,5 и более раз по сравнению с отбором при точном земледелии [4, 5].

## СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

**Результаты и их обсуждение.** Для всех типов почв, в том числе и черноземных, характерна пространственная неоднородность показателей плодородия и фитосанитарного состояния посевов, которая обусловлена как природными факторами, так и характером антропогенного воздействия [1].

В этой связи необходим детальный учет распределения элементов питания при расчете дифференцированных доз внесения удобрений на участках разных уровней содержания элементов питания в почве.

Анализ почвенных образцов, отобранных при агрохимическом обследовании почвы одного из полей ООО «ЭкоНиваАгро» (см. табл.), показал, что плодородие почвы меняется в широких пределах даже в рамках одного, отдельно взятого поля.

**Корреляционная зависимость урожая зерна кукурузы от агрохимических показателей почвенного плодородия на поле № 23219 отд. «Хворостань» ООО «ЭкоНиваАгро» Лискинского района Воронежской области, 2015 г.**

Содержание подвижного фосфора в почве, мг/кг	Урожайность по фосфору, т/га	Содержание обменного калия в почве, мг/кг	Урожайность по калию, т/га	pH <sub>ксл</sub>	Урожайность по рН, т/га	Содержание гумуса в почве, %	Урожайность по гумусу, т/га
39,0	6,8	37,0	6,8	4,8	10,3	3,7	5,3
41,0	5,3	45,0	9,3	4,9	8,3	3,8	6,8
42,0	8,0	46,0	8,3	4,9	10,2	4,2	5,2
46,0	9,3	52,0	8,9	4,9	8,9	4,4	8,9
51,0	8,5	53,0	10,2	5,0	6,8	4,4	9,3
52,0	5,2	54,0	5,3	5,0	5,3	4,6	4,2
53,0	9,6	55,0	9,6	5,0	5,2	4,6	9,6
53,0	6,8	56,0	8,5	5,0	8,5	4,6	8,0
56,0	8,2	59,0	8,2	5,0	11,4	4,7	8,5
56,0	6,5	59,0	10,3	5,0	10,1	4,8	6,8
57,0	8,4	68,0	8,0	5,0	9,3	4,9	9,6
59,0	8,9	69,0	6,8	5,0	6,8	5,0	6,5
66,0	4,2	72,0	10,1	5,0	8,0	5,1	8,2
75,0	8,3	75,0	5,2	5,1	9,6	5,3	8,4
79,0	10,2	77,0	7,3	5,1	8,2	5,3	8,3
83,0	10,3	77,0	11,4	5,1	4,2	5,5	7,3
90,0	11,4	78,0	6,5	5,1	6,5	5,5	11,4
93,0	7,3	94,0	4,2	5,1	7,3	5,7	10,1
96,0	10,1	94,0	8,4	5,2	8,4	5,8	10,2
118,0	9,6	109,0	9,6	5,4	9,6	5,9	10,3
Коэффициент корреляции	0,5	-0,1		-0,1		0,6	

Содержание подвижных форм фосфора и обменного калия сильно варьировало по элементарным участкам в пределах поля и составило соответственно от 39 до 118 и от 37 до 109 мг/кг, содержание гумуса и рН почвы – от 3,7 до 5,9% и от 4,8 до 5,4, что свидетельствует о корреляционной зависимости урожая зерна кукурузы от агрохимических показателей почвенного плодородия поля.

В этой связи применение минеральных удобрений без учета пестроты показателей плодородия почвы внутри поля снижает их эффективность и приводит к дальнейшему увеличению вариабельности почвенного плодородия. В одних случаях это ведет к недобору урожая, а в других – к ухудшению качества продукции и загрязнению окружающей среды, а в целом – к уменьшению окупаемости удобрений. Поэтому дифференцированное внесение удобрений в соответствии с внутривидовой пестротой агрохимических показателей способствует наиболее экономному и рациональному их использованию и обеспечивает наиболее высокую окупаемость урожаем [1, 7].

Таким образом, мероприятия по дифференцированному внесению удобрений имеют ряд преимуществ по сравнению с равномерным внесением:

- во-первых, снижается расход средств химизации и потери элементов питания по сравнению с внесением усредненных доз минеральных удобрений по обычной методике, что может вызывать либо их недостаток, либо избыток по отдельным участкам поля;

- во-вторых, повышается урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур;

- в-третьих, оказывается положительное влияние на плодородие почвы и экологическую обстановку в ней.

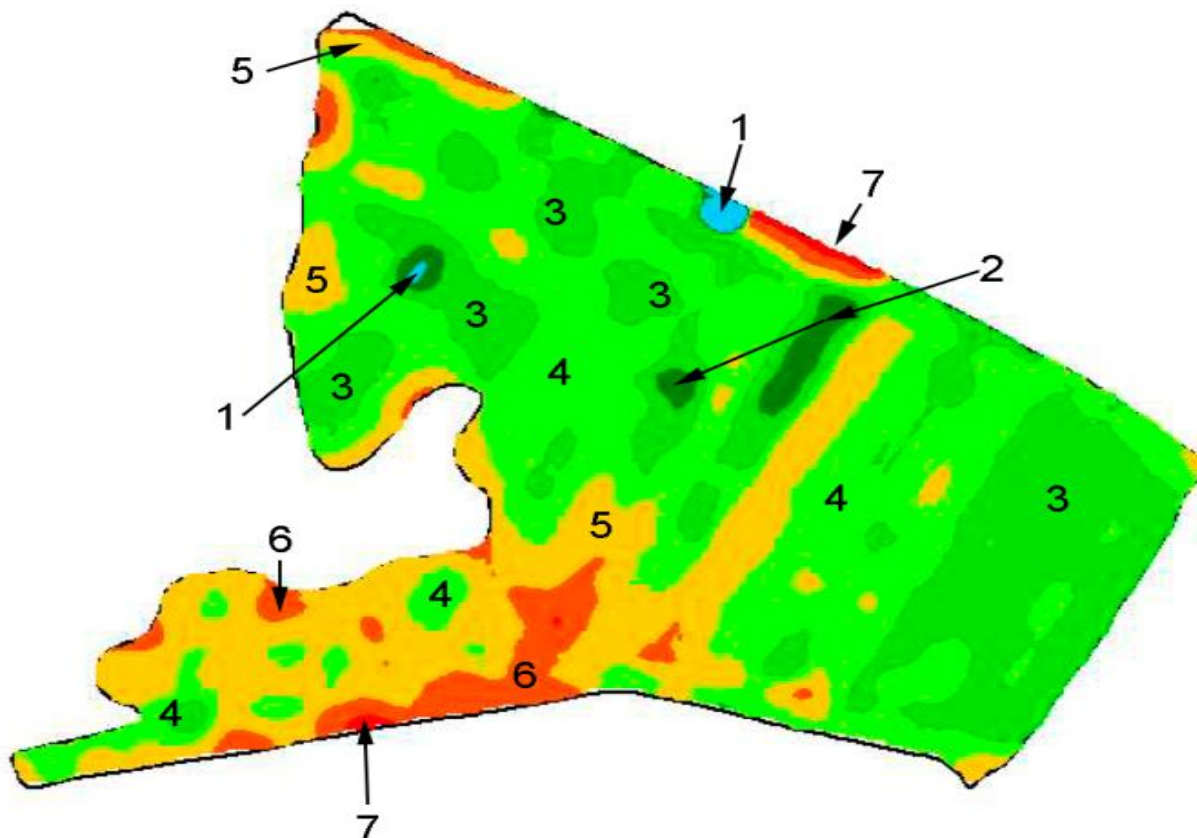
Еще одним важным компонентом системы точного земледелия является картирование урожайности. Используя специальные датчики, установленные на уборочной технике, а также бортовые компьютеры и приемники GPS, после уборки культур можно получать пространственно-ориентировочные карты урожайности. Карты урожайности дают возможность идентификации проблемных зон, целенаправленного исследования причин снижения урожайности, таких как дефицит питательных веществ, уплотнение почвы, отсутствие дренажа, зараженность сорняками и т.д., а также помогает выработать комплекс технологических операций для повышения урожайности [3].

В нашем примере (рис. 2) неоднородность распределения элементов питания по полю определила разницу урожайности кукурузы на зерно по отдельным участкам, которая колебалась от < 2 до > 12 т/га.

С ростом содержания подвижного фосфора и гумуса в почве по элементарным участкам урожайность кукурузы на зерно повышалась, при изменении других показателей плодородия такой зависимости не обнаружено.

Для определения зависимости урожая кукурузы на зерно от содержания элементов питания, а также других свойств почвы были рассчитаны коэффициенты корреляции (см. табл).

Путем статистической обработки установлена положительная связь урожая кукурузы на зерно с содержанием  $P_2O_5$  и гумуса в почве. Коэффициенты корреляции свидетельствуют о средней связи урожая кукурузы на зерно с их содержанием в почве, они составили для подвижного фосфора 0,5, а для гумуса – 0,6. Существенной корреляционной зависимости между урожайностью кукурузы на зерно с содержанием обменного калия и рН почвы не выявлено. Что касается обменного калия, то это, на наш взгляд, связано с тем, что черноземные почвы богаты калием и отзывчивость культур на калийные удобрения на этих почвах слабая. Изменение реакции среды (рН) максимум на 0,6 единицы также, видимо, недостаточно для заметного влияния на урожайность кукурузы.



Информация о клиенте:

Клиент: EkoNivaAgro  
 Ферма: Hvorostan'  
 Поле: 23219

Информация о поле:

Культура: Кукуруза (евр.)  
 Дата начала: 19.09.2015  
 Продукт: Кукуруза (евр.)  
 Прошло: 29,967 ч  
 Площадь: 193,24 га  
 Средн. знач. урожая: 261,4 бу/га  
 Средний вес во влажном состоянии: 6,84 т/га  
 Об. урожай: 50 511,2 бу  
 Общий вес во влажном состоянии: 1 321,04 т  
 Средняя влажность: 10,34 %  
 Производ. (площадь/ч): 6,45 га/ч

Информация о легенде:

Единицы = т/га

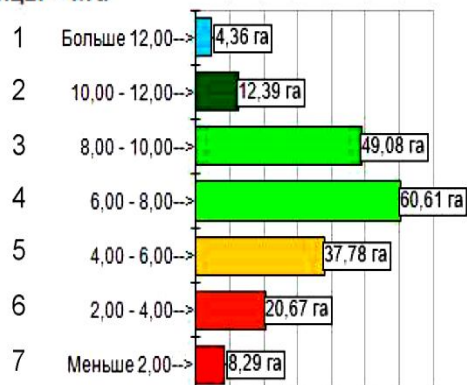


Рис. 2. Карта урожайности кукурузы на зерно – поле № 23219 отд. «Хворостань» ООО «ЭкоНиваАгро» Лискинского района, 2015 г.

Количественная зависимость между содержанием подвижного фосфора и гумуса с урожайностью кукурузы на зерно выражается уравнениями регрессии (рис. 3)

для подвижного фосфора:  $Y = 0,0429X + 5,3436$ ;

для гумуса:  $Y = 1,846X - 0,8825$ .

Полученные уравнения регрессии позволяют прогнозировать урожайность кукурузы на зерно при известном содержании подвижного фосфора и гумуса в почве.

Привлекательность точного (координатного) земледелия, как и других технологических инноваций, на практике определяется, прежде всего, экономической эффективностью на уровне сельскохозяйственного предприятия.

Расчет ожидаемой экономической эффективности двух технологий применения минеральных удобрений на примере сахарной свеклы показал, что при внедрении технологии с применением GPS-навигации получен наибольший экономический эффект по сравнению с традиционной системой земледелия.

Так, прибавка от дифференцированного внесения удобрений под сахарную свеклу (поле № 2705 отд. «Нижнемарьино» хозяйства ООО «ЭкониваАгро» Лискинского района) составила 117 ц/га, что на 6 ц/га больше по сравнению с традиционным внесением. Это отразилось на получении ожидаемого чистого дохода, который превысил на 4,7% аналогичный показатель при обычном земледелии [4]. К таким же выводам пришли сотрудники ФГБУ ГЦАС «Курская» [6].

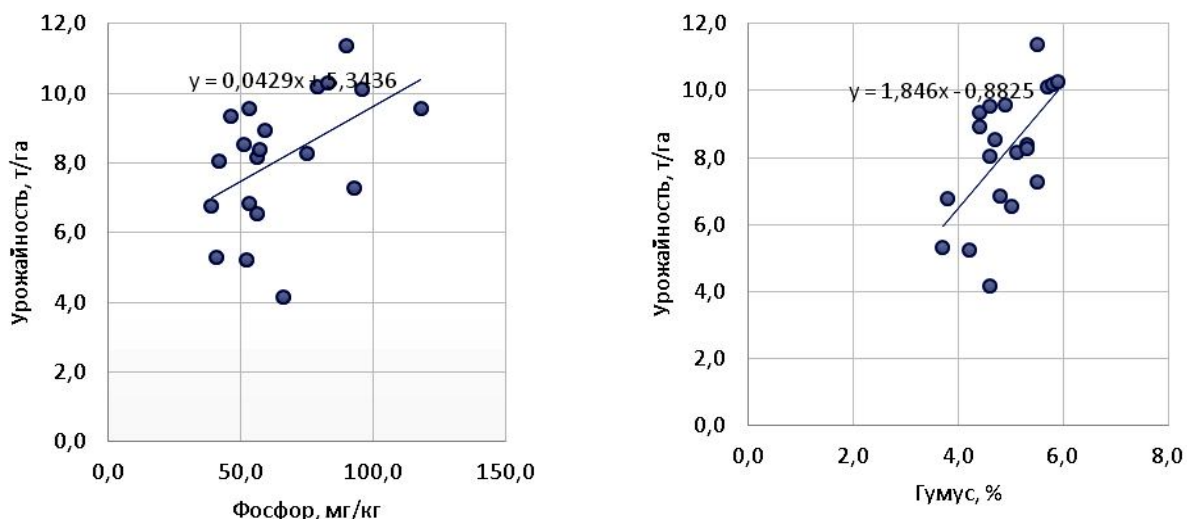


Рис. 3. Количественная зависимость между содержанием подвижного фосфора и гумуса в почве и урожайностью кукурузы на зерно (поле № 23219 отд. «Хворостань» ООО «ЭкоНиваАгро» Лискинского района, 2015 г.)

### Закключение

Внедрение точного земледелия позволяет снизить расход средств химизации, уменьшить непроизводительные потери элементов питания, повысить урожайность при хорошем качестве продукции и высокой окупаемости удобрений.

### Список литературы

1. Артемьев А.А. Влияние дифференцированного применения минеральных удобрений на продуктивность культур полевого севооборота и плодородие чернозема выщелоченного / А.А. Артемьев // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 3. – С. 8-9.
2. Балабанов В.И. Технологии точного земледелия и опыт их применения / В.И. Балабанов, Е.В. Березовский // Вестник Глонасс. – 2011. – № 1. – С. 20-25.
3. Белавцева Т.М. Технологии точного земледелия, их перспективы и возможности использования на мелиорированных землях: научно-технический обзор / Т.М. Белавцева. – Москва : ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2009. – 113 с.
4. Дифференцированное внесение удобрений как основное направление точного земледелия / В.И. Корчагин [и др.]. – Воронеж : Истоки, 2013. – 14 с.
5. Методика отбора почвенных проб по элементарным участкам поля в целях дифференцированного применения удобрений / В.Г. Сычев [и др.]. – Москва : ВНИИА, 2007. – 36 с.
6. Технология дифференцированного внесения удобрений и ее эффективность; под. ред. Хижнякова А.Н. – Курск, 2014. – 12 с.
7. Чекмарев П.А. Освоение элементов точного земледелия в практической агрохимии Республики Татарстан / П.А. Чекмарев, А.А. Лукманов // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 3. – С. 3-4.