

2. Дорожко, Г. Р. Прямой посев полевых культур и его эффективность / Г. Р. Дорожко, О. Г. Шабалдас, В. К. Зайцев, Д. Ю. Бородин // Земледелие. – 2013. – №8. – С. 20-23.
3. Кляченко, О. Л. Формирование и функционирование листового аппарата и продуктивность сахарной свеклы // Физиология и биохимия культурных растений. – 2005. – №2. – С. 117-125.
4. Минакова, О. А. Динамика фосфорного режима чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений зернопаропашном севообороте лесостепи Центрально-Черноземного региона / О. А. Минакова, Л. В. Александрова, М. Г. Мельникова // Агрехимия. – 2013. – №5. – С. 9-18.
5. Носко, Б. С. Последствие удобрений на физико-химические и агрохимические свойства чернозема типичного / Б. С. Носко, В. И. Бабынин, Е. Ю. Гладких // Агрехимия. – 2012. – №4. – С. 3-14.
6. Придворев, Н. И. Эффективность разных способов основной обработки почвы под сахарную свеклу / Н. И. Придворев, В. В. Верзилин, С. И. Коржов, В. А. Маслов // Земледелие. – 2011. – №1. – С. 21-24
7. Трусов, В. И. Качество продукции при различных приемах основной обработки / В. И. Трусов, В. М. Гармашов, А. Ф. Витер, С. А. Гаврилова // Земледелие. – 2012. – №6. – С. 34-36.
8. Черкасов, Г. Н. Плодородие чернозема типичного при минимизации основной обработки / Г. Н. Черкасов, Е. В. Дубовик, Д. В. Дубовик, С. В. Казанцев // Земледелие. – 2012. – №4. – С. 23-25

УДК 633.11.324 : 631.58

ОПТИМИЗАЦИЯ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Горянин Олег Иванович, канд. с.-х. наук, зав. отделом «Земледелие и новые технологии», ГНУ Самарский НИИСХ.

446250, Самарская область, п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41.

E-mail: samniish@mail.ru

Чичкин Анатолий Петрович, д.-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела «Земледелие и новые технологии», ГНУ Самарский НИИСХ.

446250, Самарская область, п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41.

E-mail: samniish@mail.ru

Джангабаев Бауржан Жунусович, ст. науч. сотрудник отдела «Земледелие и новые технологии», ГНУ Самарский НИИСХ.

446250, Самарская область, п. Безенчук, ул. Карла Маркса, 41.

E-mail: samniish@mail.ru

Ключевые слова: плодородие, пшеница, земледелие.

Цель исследований – оптимизация минерального питания при освоении элементов точного земледелия возделывания озимой пшеницы в условиях Самарской области. Исследование проводилось на экспериментальном участке отдела земледелия и новых технологий и на тестовом полигоне Самарского НИИСХ совместно с «Станцией агрохимической службы «Самарская». Погодные условия в годы проведения исследований отличались засушливостью. В 2009-2010 гг. наблюдалась весенне-летняя засуха (ГТК за май-июнь – 0,13-0,45). Осенью 2010 г. озимые из-за недостаточного увлажнения посевного слоя почвы закончили вегетацию в фазе всходов. Проведенный на первом этапе обоснования концепции прецизионного земледелия агрохимический анализ смешанных образцов почвы полигона показал, что каждое поле характеризуется набором показателей, значительно различающихся между собой. Наименьшей вариабельностью отличается содержание в почве подвижных фосфатов – 160 ± 15 мг/кг почвы, наибольшей – содержание гумуса ($4,2 \pm 0,1$ -0,9%). Из микроэлементов наименьшей обеспеченностью почвы характеризуется содержание в ней меди – 0,08 мг/кг и цинка – 0,63 мг/кг. На основании данных разработаны электронные картограммы обеспеченности почв элементами питания и проведена оцифровка полей тестового полигона, определены нормативы изменения и выравнивания параметров плодородия почвы при возделывании озимой пшеницы. На обыкновенных черноземах с содержанием в почве 77,78-134,45 мг/кг нитратов, 128-148 мг/кг подвижных фосфатов, 141-172 мг/кг обменного калия формирование урожаев озимой пшеницы на уровне 3,0-3,5 т/га обеспечивает внесение стартовых доз минеральных удобрений (по 35-40 кг/га д.в. азота, фосфора и калия). При этом содержание белка в зерне пшеницы составило: без удобрений – 13,8%, при внесении расчетных доз удобрений – 14,6-14,8-15,2%. Применение удобрений под урожай озимой пшеницы 3,0-3,5 т/га способствует наиболее высокой оплате питательных веществ удобрений приростом урожайности и окупаемости дополнительных затрат при выращивании запланированных урожаев озимой пшеницы в Самарском Заволжье.

Дальнейшее развитие сельскохозяйственного производства неразрывно связано с переходом на технологии берегающего земледелия. Особую актуальность проблеме придает резкое удорожание семян, удобрений, пестицидов, энергоносителей, нехватка трудовых ресурсов. Возрастает потребность в качественном, экологически безопасном продовольствии и обеспечении конкурентоспособности произведенной продукции [2, 4].

Следующим этапом этого направления в сельском хозяйстве является прецизионное (точное) земледелие, позволяющее с учетом неоднородности почвенного покрова выращивать заданные урожаи сельскохозяйственных культур и сокращать производственные затраты на средства интенсификации [3, 5-7].

Допущенные в предыдущие годы нарушения технологических требований при внесении удобрений и мелиорантов привели к еще большей дифференциации почв пахотного фонда по важнейшим параметрам плодородия, к нарушению соотношения элементов питания в почве, снижению эффективности применения минеральных удобрений и других агротехнических приемов повышения урожайности сельскохозяйственных культур (ресурсосберегающих технологий, новых сортов, норм посева, современных многофункциональных машин и др.) [1, 6].

Многие вопросы, связанные с решением этой проблемы в Самарской области, не решались или давали от завершения.

Цель исследований – оптимизация минерального питания при освоении элементов точного земледелия возделывания озимой пшеницы в условиях Самарской области.

Задачи исследований:

- провести сплошное агрохимическое и агроэкологическое обследование земель тестового полигона Самарского НИИСХ;
- выявить взаимосвязь урожайности озимой пшеницы с содержанием питательных веществ в почве;
- выявить параметры плодородия почвы при освоении элементов точного земледелия на озимой пшенице в условиях Самарской области.

Материалы и методы исследований. Исследования проводились на экспериментальном участке отдела земледелия и новых технологий и на тестовом полигоне ГНУ Самарский НИИСХ совместно с ФГБУ «Станция агрохимической службы «Самарская». Работа осуществлялась путём маршрутного обследования земель тестового полигона по парцеллам в 2009-2011 гг. в сочетании с исследованиями в стационарном опыте, лабораторными исследованиями и анализами почв и растений в соответствии с методикой агрохимической службы.

В годы проведения исследований наблюдались аномальные погодные условия. В 2009-2010 гг. наблюдалась весенне-летняя засуха (ГТК за май-июнь = 0,13-0,45). Осенью 2010 года озимые из-за недостаточного увлажнения верхнего слоя почвы закончили вегетацию в фазе всходов.

Результаты исследований. На первом этапе обоснования концепции прецизионного растениеводства было проведено сплошное агрохимическое обследование полей тестового полигона Географической сети опытов с удобрениями и реперных участков, подготовлены агрохимические паспорта полей стационарного тестового полигона ГНУ Самарский НИИСХ, разработаны электронные картограммы обеспеченности почв элементами питания и проведена оцифровка полей тестового полигона. В стационарном опыте определены нормативы изменения и выравнивания параметров плодородия почвы при возделывании озимой пшеницы.

Экспериментальный (тестовый) полигон при проведении исследований отличался значительной внутрипольной вариабельностью агрохимических показателей почвенного плодородия.

Агрохимический анализ смешанных образцов почвы показал, что каждое поле характеризуется набором показателей, значительно различающихся между собой. Наименьшей вариабельностью отличается содержание в почве подвижных фосфатов – 160 ± 15 мг/кг почвы, наибольшей – содержание гумуса ($4,2 \pm 0,1$ -0,9%). Из микроэлементов наименьшей обеспеченностью почвы характеризуется содержание в ней меди – 0,08 мг/кг (очень низкое) и цинка – 0,63 мг/кг (очень низкое).

Содержание гумуса в стационаре по делянкам опыта в пахотном слое почвы составило в среднем 4,04% (с колебаниями по вариантам от 3,73 до 4,81%). Почвы обладают близкими по значению показателями рН солевого раствора – 5,32 (5,15-5,70%). Обеспеченность почв элементами питания колеблется от низкой по гидролизруемому азоту (28-34 мг/кг почвы) до средней и повышенной по фосфору (134-154 мг/кг почвы). Озимая пшеница на экспериментальном участке слабо нуждается в дополнительном улучшении калийного питания, содержание обменного калия составляет 148-274 мг/кг почвы, что соответствует повышенной и высокой обеспеченности по общепринятой классификации.

Согласно основному закону земледелия уровень урожаев ограничивают факторы, находящиеся в минимуме (для Самарского Заволжья – влага и питательные вещества). Ориентируясь на нерегулируемую в условиях богары влагообеспеченность посевов при разработке исследований были рассчитаны дозы удобрений под этот уровень (3,0-3,5 т/га) с интервалами через 0,5 т/га. Полученные результаты свидетельствуют о правильности выбранного направления.

Динамика элементов питания в годы исследований была обусловлена потреблением их посевами, применением удобрений и тесно связана с погодными условиями вегетационного периода.

Перед устойчивым замерзанием почвы внесение удобрений, рассчитанных под урожай 3,0 т/га, содержание нитратов в почве превысило контрольный вариант на 40,07 мг/кг, подвижных фосфатов – на 18 и обменного калия – на 18 мг/кг почвы, при внесении удобрений под урожай 3,5 т/га – соответственно на 89,65; 24 и 39 мг/кг почвы. Ко времени кущения-трубкования, вследствие потребления растениями, количество их на этих же агрофонах уменьшалось: по нитратам – на 29,32-70,23 мг/кг почвы, обменному калию – на 31-32 мг/кг почвы, количество подвижных фосфатов или незначительно (на 9 мг/кг почвы) уменьшилось (контрольный вариант) или возросло на 6-23 мг/кг почвы при внесении удобрений.

Вследствие того, что поступление питательных веществ в растения на 80-90% происходит до фазы колошения, а механизм природных физико-химических и биологических процессов перехода в водорастворимые формы недоступных растениям питательных веществ продолжает работать, то ко времени уборки урожая содержание их в почве стабилизировалось (по азоту и калию) или продолжало возрастать (по фосфатам). Полученные данные были использованы для определения математически выраженных зависимостей величины урожая от уровней подвижных форм питательных веществ в почве (табл. 1).

Таблица 1

Уравнения связи урожайности зерна озимой пшеницы с содержанием подвижных форм NPK в почве (для слоя 0-40 см)

Элементы питания	Уравнения*	Пределы применения уравнений по содержанию NPK в почве
Нитратный азот	$Y=22,099+0,9104N^{0,5}$	37,80-134,45 мг/кг почвы
Подвижные фосфаты	$Y=4,1392P^{0,5}-16,844$	111-148 мг/кг почвы
Обменный калий	$Y=3,3355K^{0,5}-9,506$	123-172 мг/кг почвы

Примечание: * – Y – урожай, т/га; N – содержание N – NO₃, мг/кг почвы; PK – содержание P₂O₅ и K₂O, мг/кг почвы.

Различия в условиях жизнедеятельности растений оказали решающее влияние на структуру, а через нее и на величину урожая. Из элементов структуры урожая наибольшее влияние на урожай зерна озимой пшеницы оказали количество продуктивных стеблей на единице площади и масса зерна одного колоса.

Наивысшему урожаю озимой пшеницы в опытах в острозасушливые 2009-2011 гг. соответствовал продуктивный стеблестой равный 424-444 колосоносных стеблей на 1 м². Продуктивная кустистость при этом составила по вариантам опыта 2,6-2,7. Улучшение минерального питания не оказало существенного влияния на продуктивный стеблестой, но значительно повысило массу зерна с колоса (от 0,63 до 0,93 г). На фоне естественного плодородия почвы (без удобрения) масса зерна с колоса составила 0,63 г, количество зерен – 20,1 шт., продуктивная кустистость – 1,7 шт./м².

Под действием минеральных удобрений (расчетные дозы под 3,5 т/га) анализируемые показатели возросли до 0,75 г, 22,1 шт.; 2,7 шт./растение. Анализ полученных данных свидетельствует о снижении массы 1000 зерен с увеличением продуктивного стеблестоя и количества зерен в колосе, что связано напрямую с улучшением минерального питания. Происходит это вследствие значительного увеличения количества колосоносных боковых побегов и числа зерен в колосе.

Для получения запланированных на уровне 3,5 т/га урожаев озимой пшеницы необходима сохранность к уборке 400-500 колосоносных стеблей на 1 м² и содержание 0,75-0,90 г зерна в одном колосе.

Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур, научно-обоснованное применение удобрений, учитывающих складывающиеся погодные условия, использование высокопродуктивных сортов позволяют сформировать стабильные урожаи озимой пшеницы на уровне 3,5-4,0 т/га.

Однако в производственных условиях урожайность культуры значительно ниже, что объясняется не только засушливостью последних лет, но и несоблюдением важнейших элементов технологий и, прежде всего, недостаточным минеральным питанием растений.

В экспериментальных севооборотах Самарского НИИСХ на вариантах без удобрений урожайность изучаемой культуры (озимой пшеницы) в сравнении с предыдущим пятилетием, несмотря на появление новых урожайных сортов, не возросла и даже имеет тенденцию к снижению. Потенциальная продуктивность районированных сортов реализуется лишь на 50-60%.

С целью создания оптимальных условий для роста и развития озимой пшеницы, выравнивания плодородия почв по обеспеченности азотом, фосфором и калием было проведено почвенное обследование и сделаны расчеты доз удобрений под запланированный на уровень обеспеченности влагой урожай культуры.

В схеме опыта предусмотрена возможность адаптации методов расчета доз под запланированный урожай, определение урожая без применения приемов и способов повышения продуктивности, более полного использования фактора, находящегося в минимуме, для всех парцелл (вариантов) опыта. Одной из задач исследования являлось установление математически выраженных взаимосвязей урожайности от применения минеральных удобрений и долевого участия их в формировании урожая. Прибавки урожаев от удобрений в сравнении с контролем (вариант без удобрений) составили от 0,05 т/га (рекомендованные дозы) до 0,72 т/га (внесение удобрений под урожай 3,5 т/га – 120% расчетной дозы).

Однако в опытах по точному земледелию сравнение эффективности удобрённых участков с необданным фоном некорректно, так как из-за пестроты естественного почвенного плодородия урожай на каждой деланке свой, отличается от контрольных вариантов. Поэтому авторы провели оценку агроприема по каждому варианту и сравнили с уровнем расчетного урожая без их применения.

Сопоставление фактически полученных урожаев с рассчитанными свидетельствует о довольно высокой сходимости результатов и приемлемости их при расчете исходных урожаев по парцеллам (вариантам) на заданную продуктивность.

Так, при расчете урожаев по данным химических анализов в исследуемые острозасушливые годы обеспеченность почв элементами питания позволяла озимой пшенице сформировать урожай на уровне 2,61-2,84 т/га, фактический урожай составил 2,66-2,90 т/га; сходимость продуктивности расчетной и фактической составила 96,0-101,9%.

В связи с этим по варианту «расчетные дозы под урожай 3,0 т/га – 80%» были приняты минимальные в опыте дозы (N₂₄ K₉₂), которые использовались в качестве прикорневой подкормки после возобновления вегетации весной.

С целью проверки точности расчетного метода определения доз удобрений в схеме опыта предусмотрен интервал трендов урожайности, внутри которого были возможны изменения урожайности в полевых условиях (80-100-120% расчетной дозы удобрений).

Наиболее близкие к плановым урожаи получены при внесении 100 и 120% расчетной дозы минеральных удобрений: при плане 3,0 т/га получено 3,04-3,19 т/га, при плане 3,5 т/га – 3,21-3,46 т/га (табл. 2).

Таблица 2

Плодородие почвы и эффективность расчетных доз удобрений под заданный урожай озимой пшеницы

Варианты оплаты	Дозы удобрений	Урожайность, т/га		Прибавки урожая от удобрений		Оплата д.в. удобрений кг/кг
		расчетная по почвенному плодородию	фактическая	т/га	%	
Контроль	-	2,61	2,74	-	-	-
Выравнивание плодородия почв под урожай 3,0 т/га						
80% расчетной дозы	N _{19,2} K _{7,5}	2,63	2,79	0,16	6,0	5,99
100% расчетной дозы	N ₃₂ P ₁₁ K ₁₆	2,49	3,04	0,55	22,0	9,48
120% расчетной дозы	N ₃₈ P ₂₆ K ₁₂	2,63	3,19	0,56	21,2	7,36
Выравнивание плодородия почв под урожай 3,5 т/га						
80% расчетной дозы	N ₅₁ P _{33,2} K ₁₅	2,48	2,86	0,38	15,3	3,83
100% расчетной дозы	N ₆₃ P ₂₁	2,51	3,21	0,70	27,8	8,33
120% расчетной дозы	N ₃₆ P ₂₅	3,02	3,46	0,44	14,5	7,21
HCP ₀₅			0,17			

Прибавка урожая зерна от удобрений в сравнении с продуктивностью, определяемой естественным плодородием рассматриваемых участков, составила от 0,16 т/га (расчетные дозы на 3,0 т/га – 80% расчетной дозы) до 0,7 т/га (расчетные дозы под урожай 3,5 т/га), что в процентах составляет 6,0-27,8%.

В опытах установлена возможность регулирования (с помощью агротехнических приёмов) содержания в зерне белка и клейковины, при соблюдении технологий возделывания.

В условиях Самарского Заволжья озимая пшеница сформировала урожай с содержанием в зерне белка: без удобрений – 13,8%, при внесении расчетных доз удобрений – 14,6-14,8-15,2%. Наиболее высокие показатели белковости (15,1-15,2%) отмечены при использовании удобрений для получения урожаев на уровне 3,5 т/га. Отмечена тенденция к увеличению в зерне белка при внесении более высоких доз азотно-фосфорно-калийных удобрений.

Содержание сырой клейковины на контрольном варианте составило 31,8%. Применение минимальных в опыте доз минеральных удобрений обеспечило накопление в зерне 34,0-35,5% клейковины, при этом показания ИДК улучшились с 107 до 98 единиц прибора. Более высокие дозы удобрений (под урожай 3,5 т/га) обеспечили дальнейшее увеличение в зерне клейковины и улучшили ее качество (до 36,5% и 96 ед. ИДК).

Под действием удобрений изменялись масса 1 л зерна и масса 1000 зерен. В связи с увеличением в посевах боковых побегов, при внесении минеральных удобрений отмечена тенденция к снижению показателей натурной массы и массы 1000 зерен, соответственно с 811 до 753 г/л и с 34,4 до 28,6 г. Необходимо отметить, что в засушливые годы озимая пшеница сформировала зерно в 1,5 раза более мелкое в сравнении со среднемноголетними данными. Это отразилось на величине урожая и эффективности удобрений.

Изменения в содержании белка и клейковины привели к изменению и технологических свойств муки озимой пшеницы. Разжижение теста по показаниям фаринографа в условных единицах Брабендера в опыте колебалось в пределах 50-104 ед. ф., что, за исключением варианта без удобрений, соответствует стандарту

на сильную пшеницу и зерно средней силы. Минеральные удобрения на 10-90 ед. ф. снижали показатели разжижения теста.

Валориметрическая оценка под действием применяемых в опыте доз удобрений повысилась на 11-15, на высоком расчетном фоне на 3,5 т/га – на 16-21 е.в.

Проведенная пробная выпечка хлеба подтвердила качество муки, определенное на фаринографе.

Под действием минеральных удобрений объемный выход хлеба повысился на 40-45 мл, при повышенных дозах (на 3,5 т/га) – на 90-170 мл.

Установление доз удобрений с учетом почвенного плодородия позволило более экономно использовать растениям питательные вещества удобрений, что напрямую отразилось на оплате их урожаем. В проводимых опытах эти показатели составили 3,83-9,48 кг/кг д.в., что на 0,83-5,48 кг/кг д.в. выше, чем при внесении стандартных, рекомендованных для зоны доз удобрений в опытах по разработке сортовых технологий и оптимизации уровней интенсивности использования пашни.

Применение удобрений позволило увеличить выход продукции с 1 га на 200,0-3000,0 руб., наиболее высоким этот показатель отмечен при внесении расчетных доз удобрений под урожай 3,5 т/га.

Однако повышение доз минеральных удобрений, оказывая положительное влияние на урожай, одновременно резко увеличивает затраты на возделывание озимой пшеницы. На контрольном варианте (естественное плодородие) стоимость всех работ составила 6643,0 руб./га, при внесении расчетных доз под урожай 30 ц/га – 7075,8-7364,3 руб./га. При повышенных дозах удобрений (под урожай 3,5 т/га) общие затраты превысили контроль на 1688,4-2290,7 руб./га и составили 8331,4-8933,7 руб./га.

Сопоставление стоимости продукции с общими затратами показывает, что несмотря на значительные расходы, применение удобрений было экономически выгодным агроприемом. Чистый доход получен выше, чем на контроле и по вариантам «120% расчетной дозы» составил 5395,7-5628,6 руб./га. Необходимо отметить, что при исходном низком почвенном плодородии часть питательных веществ удобрений, очевидно, была израсходована на повышение агрохимических показателей почвы и только остаточное количество – на формирование дополнительной продукции. Косвенно это также указывает на высокое долевое участие питательных веществ почвы в выращивании высоких урожаев озимой пшеницы (75-85% от общего урожая на удобренных делянках).

Наиболее высокая окупаемость затрат по возделыванию озимой пшеницы отмечена при внесении удобрений под урожай 3,0 т/га – 1,6-1,7 руб./руб. затрат.

Коэффициент энергетической эффективности наиболее высоким по изучаемым вариантам был получен при внесении 100 и 120% рассчитанной под заданный урожай дозы удобрений – 3,0-3,5 т/га.

Однако, если на аккумуляцию солнечной энергии наибольшее влияние оказали максимальные и средние дозы удобрений, то наименьшие энергозатраты и наибольший коэффициент энергетической эффективности – при наиболее высоком почвенном плодородии.

Заключение. На обыкновенных черноземах внесение стартовых доз минеральных удобрений (35-40 кг/га д.в. азота, фосфора и калия), учитывающее плодородие почв (77,78-134,45 мг/кг нитратов, 128-148 мг/кг подвижных фосфатов, 141-172 мг/кг обменного калия) и уровень планируемого урожая, позволяет формировать урожаи озимой пшеницы на уровне 3,0-3,5 т/га и наиболее высокий условный чистый доход. Это обеспечивает максимальную оплату питательных веществ удобрений приростом урожайности и окупаемость дополнительных затрат по выращиванию запланированных урожаев в Самарском Заволжье.

Библиографический список

1. Артемьев, А. А. Дифференцированное применение минеральных удобрений в системе точного земледелия / А. А. Артемьев, И. Г. Биушкин, Н. М. Марченко [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – №5. – С. 6-7.
2. Каштанов, А. Н. Развитие технологий методов и средств точного земледелия / А. Н. Каштанов, И. Н. Голованов, Э. Н. Молчанов, С. А. Рубцов // Инновационно-технологические основы развития земледелия : сб. докл. Всероссийской науч.-практ. конф. – Курск, 2006. – С.162-167.
3. Опыт применения и развития систем точного земледелия. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 97 с.
4. Шевченко, С. Н. Основные пути повышения эффективности растениеводства Самарской области : науч.-практ. рекомендации / С. Н. Шевченко, А. В. Милехин, В. А. Корчагин [др.]. – Самара, 2008. – 131 с.
5. Рунов, Б. А. Об эффективном применении технологий точного земледелия // Вестник РАСХН. – 2009. – №6. – С. 10-11.
6. Якушев, В. П. Электронная карта урожайности как информационная основа прецизионного внесения удобрений / В. П. Якушев, В. В. Якушев, Л. Н. Якушева, В. М. Буре // Земледелие. – 2009. – №3. – С. 16-19.
7. Якушев, В. П. Точное земледелие (Аналитический обзор) / В. П. Якушев, Р. А. Полуэктов, Э. И. Смоляр [и др.] // Агротехнический вестник. – 2001. – №5. – С. 28-34.