

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-96-102>
УДК: 635.64:631.527.56

А.И. Беленков*,
О.А. Васильева

ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»
Россия, Московская обл., г. Лобня

*Автор для переписки: belenokaleksis@mail.ru

Вклад авторов: А.И. Беленков: концептуализация, написание-рецензирование и редактирование рукописи. О.А. Васильева: концептуализация, написание-рецензирование и редактирование рукописи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Беленков А.И., Васильева О.А. Оценка принципов биологизации и экологизации возделывания картофеля в полевом опыте Центра точного земледелия. *Овощи России*. 2025;(2):96-102. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-96-102>

Поступила в редакцию: 19.09.2024

Принята к печати: 15.10.2024

Опубликована: 15.04.2025

Alexey I. Belenkov*,
Olga A. Vasilyeva

"Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Williams"
Lobnya, Moscow region, Russia

*Corresponding Author: belenokaleksis@mail.ru

Authors' Contribution: A.I. Belenkov: conceptualization, writing-reviewing, and editing the manuscript. O.A. Vasilyeva: conceptualization, writing-reviewing, and editing the manuscript.

Conflict of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest.

For citation: Belenkov A.I., Vasilyeva O.A. Assessment of the principles of biologization and ecologization of potato cultivation in the field experience of the Center for Precision Agriculture. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(2):96-102. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-2-96-102>

Received: 19.09.2024

Accepted for publication: 15.10.2024

Published: 15.04.2025

Оценка принципов биологизации и экологизации возделывания картофеля в полевом опыте Центра точного земледелия

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Статья содержит информацию о необходимости и целесообразности учета элементов биологизации и экологизации отдельных элементов технологии возделывания картофеля в полевом опыте Центра точного земледелия (ЦТЗ). Поскольку опыт проводился в условиях крупного мегаполиса, важной составляющей технологического процесса является использование в качестве органического удобрения горчицы на сидерат, заделываемого под картофель.

Материал и методика. Исследования проводили в рамках зернопропашного севооборота полевого опыта Центра точного земледелия (ЦТЗ) РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева. В работе приведены данные по культуре картофеля. Картофель возделывался с применением двух технологий (традиционной и точной), двух обработок почвы (отвальной и минимальной) и двух вариантов удобрений под предшествующую озимую пшеницу (без подкормок и с двумя подкормками за вегетацию). Урожайность картофеля определяли методом прямого комбайнирования, горчицы на сидерат взвешиванием надземной массы с учетной площади, отклонения растений на гребне и потери площади расчетным методом.

Результаты. Наилучший результат по урожайности картофеля получен в случае его возделывания по точной технологии с использованием отвального оборотного плуга, более качественно заделывающего сидеральную горчицу, с применением двух подкормок в период вегетации предшествующей озимой пшеницы. Способ движения сельхозтехники по автопилоту показал себя достаточно хорошо как в условиях минимальной, так и в условиях отвальной обработки почвы; способ же движения по маркеру показал худший результат в тех же условиях, приводил к потере площади на поле 100 га почти в 1 га. Помимо снижения эффективности использования полезной площади полей, отклонение при проходе агрегатов с использованием маркера приводило к смещению рядков относительно гребней, что также существенно уменьшало урожайность и товарность картофеля.

Заключение. Наиболее высокая урожайность картофеля получена на фоне точной технологии при использовании отвальной обработки почвы по варианту применения двукратной подкормки предшествующей озимой пшеницы. На этих же вариантах отмечалась превышение надземной массы сидеральной горчицы. Использование автопилота показало высокую точность расположения растений в ряду и снижение потерь полезной площади на вариантах с минимальной и отвальной обработками.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

полевой опыт, картофель, технология, обработка почвы, удобрения, сидерат, урожайность, автопилот, полезная площадь, результативность

Check for updates



Assessment of the principles of biologization and ecologization of potato cultivation in the field experience of the Center for Precision Agriculture

ABSTRACT

Relevance. The article substantiates the need and expediency of taking into account elements of biologization and ecologization of individual elements of potato cultivation technology in the field experience of the Center for Precision Agriculture. Since the experiment was conducted in a large metropolis, an important component of the technological process is the use of mustard as an organic fertilizer for green manure, embedded under potatoes.

Methodology. The research was conducted within the framework of grain-row crop rotation of the field experiment of the Center for Precision Agriculture of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. The work presents data on the potato crop. Potatoes were grown using two technologies (traditional and precision), two soil treatments (moldboard and minimum) and two variants of fertilizers for the preceding winter wheat (without additional fertilizing and with two additional fertilizing during the growing season). The potato yield was determined by the direct combining method, mustard for green manure by weighing the above-ground mass from the accounting area, plant deviation on the ridge and area loss by the calculation method.

Results. The best result in terms of potato yield was obtained in the case of its cultivation using precision technology with the use of a moldboard reversible plough, better quality of green manure mustard, with the use of two additional fertilizing during the vegetation period of the preceding winter wheat. The method of moving agricultural machinery on autopilot showed itself quite well both in conditions of minimum and moldboard tillage; the method of moving on a marker showed the worst result in the same conditions, leading to a loss of area on a 100-hectare field of almost 1 ha. In addition to reducing the efficiency of using the useful area of the fields, deviations during the passage of units using a marker led to a shift in rows relative to the ridges, which also significantly reduced the yield and marketability of potatoes.

Conclusion. The highest potato yield was obtained with precision technology using moldboard tillage in the variant of double fertilization of preceding winter wheat. The same variants showed an excess of the aboveground mass of green manure mustard. The use of the autopilot showed high accuracy of plant placement in a row and reduced losses of useful area in variants with minimum and moldboard tillage.

KEYWORDS:

field experience, potatoes, technology, tillage, fertilizers, green manure, yield, autopilot, usable area, effectiveness

Введение

Применение высокоинтенсивных технологий с элементами точного земледелия при возделывании сельскохозяйственных культур позволяет создавать наиболее благоприятные условия для роста и развития растений и рационально использовать дорогостоящие минеральные удобрения [1, 2].

Главным фактором окупаемости затрат, является высокоэффективное проектирование и реализация точных систем удобрения. Полевые опыты показали, что отдача от последних, как и от зональных, зависит от всей совокупности условий, сопутствующих применению удобрений [3, 4] (табл. 1).

Таблица 1. Эффективность системы удобрения в условиях неоднородности почвы
Table 1. Efficiency of the fertilization system under conditions of soil heterogeneity

Система удобрения	Продуктивность севооборота (т/га в год) при коэффициентах вариации свойств почв (%)			Окупаемость применения удобрений (руб/руб) при разных коэффициентах вариации свойств почв (%)		
	7-25	25-50	>50	7-25	25-50	>50
Зональная	9,2	6,8	4,2	7,1	4,9	2,7
Точная	10,9	9,0	8,0	7,9	6,8	5,6
НСР₀₅	0,51			-		

Даже на фоне сравнительно благоприятной почвенно-агрохимической обстановки среднегодовая продуктивность культур и выгодность точной системы удобрения соответственно на 11 и 8% превосходили зональную. Причина этого состоит, главным образом, за счёт их частичного перераспределения между ранее переудобренными и недоудобренными частями поля [5].

В условиях высокой пестроты плодородия почв снижалась отдача даже от точных систем удобрения, хотя и вдвое медленнее. Главная причина этого состояла в некотором уменьшении агроэкономической эффективности минеральных удобрений на слабокультурных почвенных разностях, где без применения повышенных доз органики развитие растений лимитировалось агрофизическими условиями почвы [6].

Разной оказалась и окупаемость удобрений в отдельных приёмах внесения, проводимых с использованием различных методических подходов. Наивысшей и устойчивой по совокупности сопутствующих условий агроэкономической отдачей отличался подкормочный приём внесения азотных удобрений с использованием данных непрерывного инфракрасного сканирования посевов непосредственно под агрегатом внесения туков. При этом каждый килограмм действующего вещества последних обеспечил производство 12 – 19 кг/га дополнительной продукции. Это позволяет рекомендовать использование данного технологического варианта, как весьма эффективного инструмента управления производством в условиях пространственной неоднородности посевов в самом широком круге почвенно-агрохимических условий [7].

Методика и условия проведения исследований

Цель исследований - выявить эффективность различных технологий возделывания, обработки почвы, последствия применения удобрений по влиянию на продуктивность различных сортов картофеля.

Исследования проводили в рамках зернопропашного севооборота полевого опыта Центра точного земледелия (ЦТЗ) РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, который перестал функционировать в 2022 году. В работе приведены данные по культуре картофеля за три ротации четырехпольного севооборота: викоовсяная смесь – озимая пшеница – картофель – ячмень, т.е. периода с 2009 по 2020 годы. Предшественником для картофеля являлась озимая пшеница с пожнивным посевом горчицы на сидерат. В свою очередь озимая пшеница выращивалась по отвальной и нулевой (прямой посев) обработкам почвы. Два варианта проведения подкормки озимой пшеницы представляли собой: без внесения аммиачной селитры и с

двукратной подкормкой 70 кг/га в фазу весеннего кущения и колошения. Картофель возделывался с применением двух технологий (традиционной и точной), двух обработок почвы (отвальной и минимальной) и двух вариантов удобрений под предшествующую культуру (без подкормок и с двумя подкормками за вегетацию) [8]. Уборку урожая картофеля проводили поделочно методом прямого комбайнирования. Надземную биомассу горчицы на сидерат определяли взвешиванием с учетной площадки 0,25 м² в 8-кратной повторности. Определение отклонений растений картофеля от центра гребня и потери полезной площади поделочно проводили расчетным методом [9].

Обработку почвы под картофель проводили отвальным оборотным плугом на глубину 20-22 см, минимальную с использованием импортного комбинированного агрегата на 12-14 см. После уборки озимой пшеницы выращивали горчицу белую на сидерат, заделываемую в почву оборотным плугом и упомянутым ранее агрегатом. Перед посадкой картофеля под предпосадочную обработку вертикальной фрезерной бороной вносили комплексные минеральные удобрения диаммофоску (16:16:16) в дозе 1 т/га. В разные годы высаживали различные сорта картофеля, в силу вырождения и сильного снижения урожайности – Удача, Жуковский ранний, Невский, Снегирь, Рябинушка, Аврора, Голубизна [10]. Норма посадки в пределах 60 тыс. раст./га [11].

Результаты исследований

Первая ротация севооборота, длившаяся с 2009 по 2012 гг., выявила преимущество точной технологии возделывания картофеля, которое, в среднем за 4 года, составило в сравнении с традиционной порядка 1 т/га (таблица 2). Сравнение вариантов по обработке свидетельствовало в пользу отвальной, по которой в среднем на традиционной технологии урожайность превышала над минимальной на делянках с отсутствием подкормки предшественника 2,2 т/га, с двумя его подкормками – 1,9 т/га, на точной технологии эти различия соответственно составляли 2,5 и 2,0 т/га.

Таблица 2. Урожайность картофеля по вариантам опыта Центра точного земледелия за 1-ю ротацию, т/га
Table 2. Potato yield by variants of the experiment of the Precision Farming Center for the 1st rotation, t/ha

Технология	Обработка почвы	2009 год		2010 год		2011 год		2012 год		Среднее	
		неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд
традиционная	отвальная	37,2	40,6	20,6	22,7	23,5	24,8	18,4	19,1	25,0	26,8
	минимальная	35,5	37,2	16,9	21,4	22,6	23,5	16,2	17,5	22,8	24,9
точная	отвальная	38,6	41,7	22,9	25,4	23,8	25,1	19,0	19,9	26,1	28,0
	минимальная	36,0	38,8	18,5	22,8	23,0	24,0	17,0	18,3	23,6	26,0
НСР(А) – технология		3,51		2,02		0,05		0,79		-	
НСР (В) – обработка		1,74		2,42		0,08		0,56		-	
НСР (С) – удобрение		2,16		2,21		0,10		0,09		-	

Последствие подкормок предшествующей озимой пшеницы обеспечивала урожайность картофеля в пользу двойного их проведения 1,5-2,0 т/га.

Важно оценить роль заделки горчицы на сидерат под картофель, проведенный осенью предыдущих лет [12, 13]. Указанная здесь масса предназначалась под урожай картофеля последующих лет, т.е. в 2009 году заделывалась под урожай последующего 2010 года, в 2010 году – под 2011 год, в 2011 году – под 2012 год (табл. 3).

Наибольшую надземную массу горчица сформировала в 2009 году. Она была заделана под урожай картофеля 2010 года. Но, в связи с неблагоприятными агрометеорологическими условиями этого года, был получен урожай картофеля в пределах 20-25 т/га. Такая же картина сложилась с биомассой горчицы в 2011 году. урожайность картофеля в 2012 году не превышала 20,0 т/га. В среднем за 4 года максимальное накопление надземной массы сидерата отмечалось по точной технологии на удобренном фоне по вспашке. Превышение относительно тра-

Таблица 3. Урожайность горчицы на сидерат под урожай будущего года по вариантам опыта ЦТЗ за 1-ю ротацию, т/га
Table 3. Yield of mustard as green manure for next year's harvest according to the variants of the Precision Farming Center experiment for the 1st rotation, t/ha

Технология	Обработка почвы	2009 год		2010 год		2011 год		2012 год		среднее	
		неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд
традиционная	отвальная	7,0	17,4	2,95	3,01	13,5	14,1	4,9	5,6	7,1	10,0
	нулевая	5,6	12,5	2,83	3,01	13,2	13,9	4,1	5,1	6,5	8,4
точная	отвальная	7,2	18,0	2,94	3,08	14,0	14,9	5,2	6,0	7,4	10,5
	нулевая	6,9	14,6	2,88	3,06	13,7	14,1	4,4	5,5	7,0	9,3
НСР(А) – технология		1,94		0,16		0,50		0,05		-	
НСР (В) – обработка		2,02		0,21		0,33		0,06		-	
НСР (С) – удобрение		5,68		0,15		0,12		0,08		-	

Примечание: А, В, С – варианты в полевом опыте ЦТЗ; неуд., уд. - неудобренные и удобренные варианты

Таблица 4. Урожайность картофеля по вариантам опыта ЦТЗ за 2-ю ротацию, т/га
Table 4. Potato yield by variants of the Precision Farming Center experiment for the 2nd rotation, t/ha

Техно-логия	Обработка почвы	2013 год		2014 год		2015 год		2016 год		Среднее	
		неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд
традиционная	отвальная	26,3	27,6	25,7	28,0	30,5	32,4	28,1	30,0	27,7	29,5
	минимальная	25,0	26,2	24,5	27,3	27,7	28,6	25,5	26,9	25,7	27,3
точная	отвальная	25,7	28,6	25,4	28,3	31,3	33,2	30,3	32,0	28,2	30,5
	минимальная	23,6	25,9	25,0	27,8	28,8	29,6	26,0	27,6	25,9	27,7
НСР (А) – технология		1,13		1,95		1,01		1,35		-	
НСР (В) – обработка		1,20		2,87		2,23		2,19		-	
НСР (С) – удобрение		1,90		3,02		1,19		1,41		-	

Примечание: А, В, С – варианты в полевом опыте ЦТЗ; неуд., уд. - неудобренные и удобренные варианты

Таблица 5. Урожайность горчицы на сидерат под урожай будущего года по вариантам опыта ЦТЗ за 2-ю ротацию, т/га
 Table 5. Yield of mustard as green manure for next year's harvest according to the variants of the Precision Farming Center experiment for the 2nd rotation, t/ha

Технология	Обработка почвы	2013 год		2014 год		2015 год		2016 год		Среднее	
		неуд	уд	неуд	уд	неуд	уд	Неуд	уд	неуд	уд
традиционная	отвальная	9,6	11,8	16,4	21,8	10,5	12,7	8,3	9,2	11,2	13,9
	нулевая	9,8	12,6	12,8	18,3	9,9	11,1	5,7	7,2	9,6	12,3
точная	отвальная	7,2	10,6	14,5	19,4	11,2	13,0	10,6	11,8	12,7	13,7
	нулевая	9,8	14,2	10,2	17,5	10,0	11,8	7,2	8,8	9,3	13,2
НСП (А) – технология		1,07		1,77		0,82		2,47		-	
НСП (В) – обработка		0,65		2,09		1,38		2,32		-	
НСП (С) – удобрение		2,34		1,66		1,42		1,22		-	

Примечание: А, В, С – варианты в полевом опыте ЦТЗ; неуд., уд. - неудобренные и удобренные варианты

диционной технологии 0,5 т/га, сравнительно с нулевой обработкой – 1,2 т/га, последствие подкормок предшественника увеличивало массу горчицы в сравнении с неудобренным фоном на 3,1 т/га. Таким образом, проявилось незначительное преимущество биологизированных вариантов с использованием органической массы сидеральной культуры [14].

Во вторую ротацию опытного севооборота отмечались те же тенденции и закономерности, что и в первой (табл. 4).

Так, в среднем за 4 года с 2013 по 2016 годы максимальная урожайность картофеля получена по точной технологии, отвальной обработке, с применением двух подкормок предшествующей озимой пшеницы – 30,5 т/га. В случае отсутствия подкормок с теми же вариантами технологии и обработки почвы урожай снижался на 2,3 т/га. Продуктивность культуры на традиционной технологии с одинаковой обработкой и последующими подкормками уменьшилась на 1,0 т/га. Минимальная обработка под картофель на фоне удобрений приводила к снижению урожайности в сравнении с лидирующим вариантом на 2,8-3,2 т/га. Неудобренные участки озимой пшеницы в последствии на урожайность картофеля оказались меньше на 4,6-4,8 т/га [15, 16].

В таблице 5 представлена величина надземной массы горчицы, запахиваемая под картофель урожая будущего года по отдельным вариантам опыта.

Максимальная надземная масса пожнивной сидеральной горчицы получена осенью 2014 года. Соответственно, как следует из таблицы 3, в 2015 году была сформирована самая большая урожайность картофеля в пределах 30,0 и более т/га. Такая же ситуация сложилась в 2015 году, обеспечив достаточную высокую урожайность культуры в следующем году. В среднем за 4 года отвальная обработка на традиционной и точной технологиях позволила получить около 14 т/га пожнивной массы сидеральной горчицы. Остальные варианты, особенно после неудобренного подкормками предшественника снижали урожай горчицы, что сказалось на продуктивности картофеля последующих за ними лет. Общая средняя надземная масса сидерата колебалась в пределах 9,0-14,0 т/га.

После 2016 года ситуация в полевом опыте ЦТЗ изменилась не в лучшую сторону. Прежде всего, по комплексу показателей исчезли два фактора – это технология возделывания и проведение подкормок озимой пшеницы во время вегетации. В остальном же – две обработки почвы, высокая доза комплексных минеральных удобрений и использование пожнивного сидерата под урожай картофеля будущего года сохранились. Поэтому далее проводили сравнение только по фактору В (рис. 1).

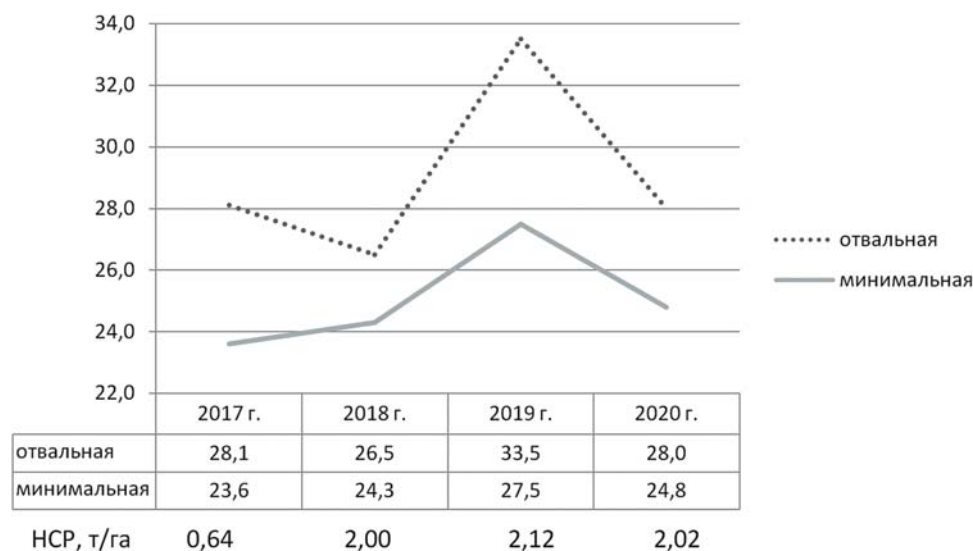


Рисунок 1. Урожайность картофеля по вариантам опыта ЦТЗ за 3-ю ротацию, т/га
 Figure 1. Potato yield by variants of the Precision Farming Center experiment for the 3rd rotation, t/ha

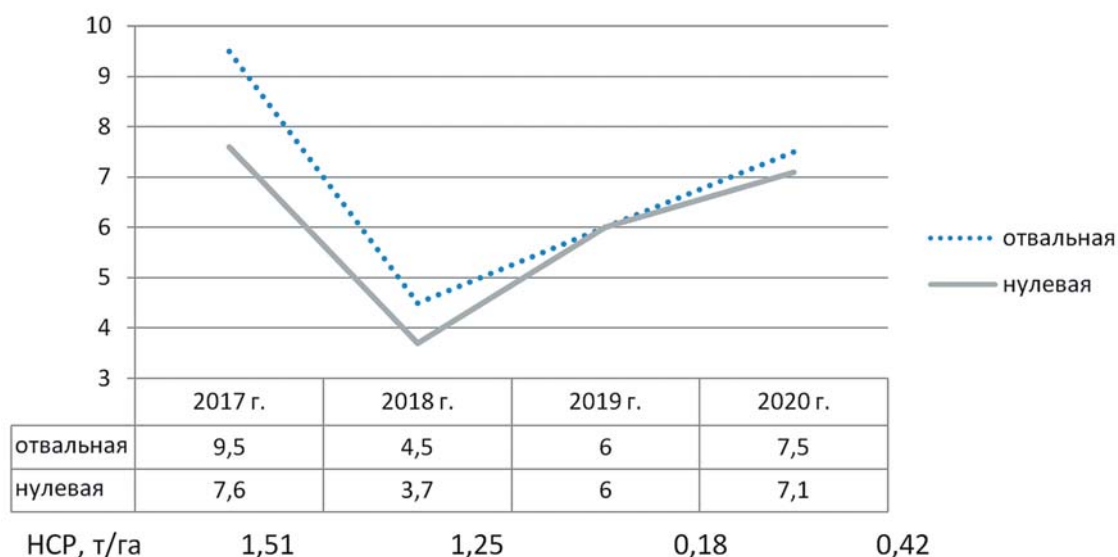


Рисунок 2. Урожайность горчицы на сидерат под урожай будущего года по вариантам опыта ЦТЗ за 3-ю ротацию, т/га
Figure 2. Yield of mustard as green manure for next year's harvest according to the variants of the Precision Farming Center experiment for the 3rd rotation, t/ha

Урожайность клубней картофеля в течение последних лет 3-ей ротации севооборота подтвердила преимущество отвальной обработки, что подтверждено расчетами статистической достоверности результатов. В среднем за период картофель сформировал урожай по вспашке выше, чем по минимальной обработке на 4,0 т/га.

Продуктивность горчицы на сидерат по различным приемам обработки почвы, за исключением 2017 года, различались незначительно (рис. 2). В среднем за 3-ю ротацию севооборота разница между вариантами составила 0,8 т/га в пользу отвальной. Следует отме-

Таблица 6. Группы отклонений
Table 6. Deviation groups

Группа отклонения	1	2	3	4	5
Отклонение (см)	0-2	3-5	6-8	9-11	12-14

нением автопилота и маркера. Точность проведения гребнеобразования оценивалась по отклонению рядков всходов картофеля от центра гребня. В современных технологиях гребнеобразование проводится до появления всходов, при этом от точности наложения проходов при посадке и гребнеобразовании зависит качество продукции.

Таблица 7. Распределение отклонений по группам (%)
Table 7. Distribution of deviations by groups (%)

Группы отклонений/ способ движения и система обработки	Автопилот /минимальная	Автопилот /классическая	Маркер /минимальная	Маркер /классическая
1	34	51	13	18
2	47	33	33	18
3	18	5	27	23
4*	0	8	17	24
5*	0	1	9	16

* - данные отклонения ряда от центра гребня существенно снижают урожайность.

тить нисходящее убывание урожайности сидеральной культуры, в силу определенных объективных и субъективных проблем, возникших при ведении опыта ЦТЗ, что послужило причиной его свертывания в 2022 году.

Наиболее существенным элементом технологии точного земледелия при возделывании картофеля является обеспечение параллельного прохода техники и агрегатов с минимальными отклонениями. При высокой точности проходов достигается повышение урожайности и качества картофеля [17].

В полевых исследованиях проводилась оценка точности гребнеобразования при возделывании картофеля по минимальной и отвальной обработкам почвы с при-

Таблица 8. Средние значения отклонений растений картофеля от центра гребня, см
(среднее значение $\pm$ стандартное отклонение)
Table 8. Average values of deviations of potato plants from the center of the ridge, cm (average value $\pm$ standard deviation)

Система обработки	Способ движения	
	по автопилоту	по маркеру
Минимальная обработка	3,6 $\pm$ 0,39	6,3 $\pm$ 0,74
Отвальная обработка	3,3 $\pm$ 0,62	7,1 $\pm$ 0,86

Таблица 9. Потери площадей при различных способах обработки и движения машинно-тракторных агрегатов
Table 9. Losses of areas with different methods of processing and movement of machine and tractor units

Способ движения и обработки почвы	Отклонение стыкового м/р от нормы (м)	Потеря площади на 1 га (га)	Потеря площади на 100 га (га)
По маркеру, отвальная	0,022	0,0073	0,73
По маркеру, минимальная	0,026	0,0086	0,86
По автопилоту, отвальная	0,001	0,0003	0,03
По автопилоту, минимальная	-0,001	-0,0003	-0,03

В опыте ЦТЗ сравнивались величины отклонений рядков растений от центра гребня при разных технологиях возделывания. В зависимости от расстояния центра рядка от центра гребня нами были выделены 5 групп отклонений (табл. 6). Затем было рассчитано распределение отклонений по группам при разных способах возделывания картофеля (табл. 7).

Средние значения отклонений растений картофеля от центра гребня были измерены для каждой технологии в 46 точках, затем высчитано среднее значение для каждой технологии (табл. 8).

Способ движения машинно-тракторных агрегатов по автопилоту является более выровненным по траектории в условиях как минимально обработанной почвы, так и отвальной обработанной. Во втором случае отклонения были минимальны. Отклонения по маркеру и автопилоту входят в разные группы: в третью и вторую соответственно. Возможное объяснение этому явлению заключается в том, что механизатору для изменения курса движения при отклонении от заданной траектории необходимо визуально обнаружить это самое отклонение, то есть оно должно быть достаточно большим для того, чтобы его можно было заметить визуально. Автопилот, используя точные данные о своем местоположении способен реагировать на незначительные отклонения, которые могут быть незаметны при визуальной оценке [18].

Отклонения от заданной траектории движения трактора приводят к неэффективному использованию посевной площади поля (таблица 9). Предварительные

результаты оценки влияния отклонений на потери площадей при стандартной ширине стыковых междурядий 0,75 м, рассчитанные теоретически на площадь в 1 га и на 100 га при применении отвальной и минимальной обработок. Увеличение стыковых междурядий приводит к увеличению свободных площадей между проходами, которые потенциально можно занять под картофель [19, 20].

Заключение

1. В наших исследованиях, в среднем за период, наиболее высокая урожайность картофеля получена на фоне точной технологии при использовании отвальной обработки почвы по варианту применения двукратной подкормки предшествующей озимой пшеницы. Здесь же отмечалась превышение надземной массы сидеральной горчицы, возделываемой после уборки озимой пшеницы.

2. Обработка почвы с использованием автопилота показала высокую точность как на варианте с минимальной обработкой, так и на варианте с отвальной. Обработка по маркеру показала одинаково худший результат на обоих вариантах обработки почвы, что в результате приводило к потере площади на поле 100 га почти в 1 га.

3. Помимо снижения эффективности использования полезной площади полей, отклонения при проходе агрегатов приводят к смещению рядков относительно гребней, что может существенно снижать урожайность и товарность картофеля.

Литература

1. Кирюшин В.И. Точные агротехнологии как высшая форма интенсификации адаптивно-ландшафтного земледелия. Земледелие. 2004;(6):16-21. <https://elibrary.ru/pjnssb>
2. Личман Г.И. Основные направления фундаментальных и прикладных исследований по точному земледелию. Машинные технологии производства продукции в системе точного земледелия и животноводства : 3-я научно-практическая конференция, Москва, 16–18 июня 2004 года. Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2005. С. 15-19. <https://elibrary.ru/ugcvrn>
3. Шпаар Д., Захаренко А.В., Якушев В.П. Точное сельское хозяйство (precision agriculture). Санкт-Петербург: Санкт-Петербургское социально-реабилитационное предприятие "Павел", 2009. 397 с. ISBN 978-5-93717-041-5. <https://www.elibrary.ru/pxxwzv>
4. Якушев В.В., Воробаев В.В., Лекомцев П.В. Технология точного земледелия: опыт внедрения на полях Меньковской опытной стан-

ции АФИ РАСХН. *Ресурсосберегающее земледелие*. 2009;(2):31-34. <https://www.elibrary.ru/vvptdf>

5. Овчинников А.С., Борисенко И.Б., Плещачёв Ю.Н. Программирование урожайности сельскохозяйственных культур при возделывании их с применением инновационных технологий. Волгоград: Изд-во Волгоградская ГСХА, 2011. 123 с. ISBN 978-5-85536-572-6. <https://www.elibrary.ru/qvglyv>

6. Моисеев Ю.В., Анисимов Б.В. Условия производства картофеля в России. *Агроинформ Анализ*. 2000;(1):50-56.

7. Пэлий А.Ф., Романенкова М.С. Применение систем точного земледелия при возделывании пропашных культур. Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию академика Д.К. Беляева. Том 1. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2017. С. 163-166. <https://www.elibrary.ru/yyupid>

8. Балабанов В.И., Железова С.В., Березовский Е.В. и др. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное

- земледелие. М.: Изд-во РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, 2013. 148 с. ISBN 978-5-9675-0867-7.
9. Постников А.Н., Постников Д.А. Картофель. М., МСХА им. К.А. Тимирязева, 2006. 160 с. ISBN 5-9675-0041-3. <https://www.elibrary.ru/qkymen>
10. Шпаар Д. Картофель. Мн.: ЧУП «Орех», 2014. 278 с.
11. Симаков Е.А., Анисимов Б.В., Жевора С.В., Митюшкин А.В., Мелешин А.А., и др. Сорта картофеля российской селекции. Москва, 2018. 120 с.
12. Усанова З.И., Осербаяев А.К., Зияев К.И., Павлов М.Н. Клубнеплоды. Биологические особенности и технологии возделывания картофеля и земляной груши. Тверь: Тверская ГСХА, 2018. 150 с. <https://www.elibrary.ru/edxlwe>
13. Усанова З.И., Козлов В.В. Возделывать картофель по горчице выгодно. *Картофель и овощи*. 2015;(2):30-33. <https://www.elibrary.ru/vbtmal>
14. Rahaman M. M., Shehab M. K. Water consumption, land use and production patterns of rice, wheat and potato in South Asia during 1988–2012. *Sustainable Water Resources Management*. 2019;5(4):1677–1694. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40899-019-00331-4>
15. Dean B.B. Managing the Potato Production System: 734. Routledge, 2018. 202 p.
16. Беленков А.И., Усанова З.И., Павлов М.Н., Черникова Н.С. Реализация генетического потенциала сортов картофеля в агроклиматических условиях Верхневолжья. *Владимирский земледелец*. 2020;(3):40-49. <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2020-10131> <https://www.elibrary.ru/nuyygt>
17. Bekele T., Haile B. Evaluation of improved potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties for some quality attributes at Shebench Woreda of Bench-Maji Zone, Southwestern Ethiopia. 2019;14(7):389-394. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13482>
18. Шадских В.А., Кизжаева В.Е. Продуктивность картофеля в зависимости от факторов возделывания на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья при орошении. *Научная жизнь*. 2023;18-4(130):530-536. <https://doi.org/10.35679/1991-9476-2023-18-4>
19. Беленков А.И., Березовский Е.В., Железова С.В. Совершенствование технологии возделывания картофеля в системе точного земледелия. *Картофель и овощи*. 2019;(6):30-34. <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.39.30.007> <https://www.elibrary.ru/jpplnv>
20. Belenkov A., Peliy A., Vasyukova A., Burlutskiy V., Borodina E., Diop E., Moskin A. Impact of various cultivation technologies on productivity of potato (*Solanum tuberosum*) in central Non-Cenozoic zone of Russia. *Research on crops*. 2020;(3):67-74. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.081> <https://www.elibrary.ru/hpllgc>
- **References**
1. Kiryushin V.I. Precision agricultural technologies as the highest form of intensification of adaptive-landscape agriculture. *Zemledelie*. 2004;(6):16-21. (in Russ.) <https://elibrary.ru/pjnssb>
2. Lichman G.I. Main directions of fundamental and applied research in precision agriculture. Moscow, 2005. P. 15-19. (in Russ.) <https://elibrary.ru/ugcvrn>
3. Shpaar D., Zakharchenko A.V., Yakushev V.P. Precision agriculture. St. Petersburg, 2009. 397 p. ISBN 978-5-93717-041-5. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/pxxwzv>
4. Yakushev V.V., Voropaev V.V., Lekomtsev P.V. Precision farming technology: implementation experience in the fields of the Menkovskaya experimental station of the AFI RAAS. *Resource-saving agriculture*. 2009;(2):31-34. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/vvptdf>
5. Ovchinnikov A.S., Borisenko I.B., Pleskachev Yu.N. Programming the yield of agricultural crops when cultivating them using innovative technologies. Volgograd: Publishing house of the Volgograd State Agricultural Academy, 2011. 123 p. ISBN 978-5-85536-572-6. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/qvgglyv>
6. Moiseev Yu.V., Anisimov B.V. Conditions of potato production in Russia. *Agroinform Analysis*. 2000;(1):50-56. (in Russ.)
7. Peliy A.F., Romanenkova M.S. Application of precision farming systems in the cultivation of row crops. *Agricultural science in the context of modernization and innovative development of the agro-industrial complex of Russia: Collection of materials of the All-Russian scientific and methodological conference with international participation, dedicated to the 100th anniversary of Academician D.K. Belyaev*. Volume 1. Ivanovo: FGBOU VO Ivanovo State Agricultural Academy, 2017. P. 163-166. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/yyupid>
8. Balabanov V.I., Zhelezova S.V., Berezovsky E.V. et al. Navigation technologies in agriculture. Coordinate farming: Textbook. Moscow: Publishing house of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2013. 148 p. ISBN 978-5-9675-0867-7. (in Russ.)
9. Postnikov A.N., Postnikov D.A. Potatoes. М., 2006. 160 p. ISBN 5-9675-0041-3. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/qkymen>
10. Shpaar D. Potatoes. Мн.: ЧУП "Орех", 2014. 278 p. (in Russ.)
11. Simakov E.A., Anisimov B.V., Zhevora S.V., Mityushkin A.V., Meleshin A.A., et al. Potato varieties of Russian selection. Moscow, 2018. 120 p. (in Russ.)
12. Usanova Z.I., Oserbaev A.K., Ziyaev K.I., Pavlov M.N. Tuber crops. Biological features and technologies of cultivation of potatoes and Jerusalem artichokes. Tver: Tver State Agricultural Academy, 2018. 150 p. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/edxlwe>
13. Usanova Z.I., Kozlov V.V. Growing of potato after seny is profitable. *Potato and vegetables*. 2015;(2):30-33. (in Russ.) <https://www.elibrary.ru/vbtmal>
14. Rahaman M. M., Shehab M. K. Water consumption, land use and production patterns of rice, wheat and potato in South Asia during 1988–2012. *Sustainable Water Resources Management*. 2019;5(4):1677–1694. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40899-019-00331-4>
15. Dean B.B. Managing the Potato Production System: 734. Routledge, 2018. 202 p.
16. Belenkov A.I., Usanova Z.I., Pavlov M.N., Chernikova N.S. Realization of the genetic potential of potato varieties in agroclimatic conditions of Upper Volga. *Vladimirsky Zemledelets*. 2020;(3):40-49. (in Russ.) <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2020-10131> <https://www.elibrary.ru/nuyygt>
17. Bekele T., Haile B. Evaluation of improved potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties for some quality attributes at Shebench Woreda of Bench-Maji Zone, Southwestern Ethiopia. 2019;14(7):389-394. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13482>
18. Shadskikh V.A., Kizhaeva V.E. Potato productivity depending on the factors of cultivation on dark chestnut soils of the Saratov Volga region under irrigation. *Scientific Life*. 2023;18-4(130):530-536. (in Russ.) <https://doi.org/10.35679/1991-9476-2023-18-4>
19. Belenkov A.I., Berezovsky E.V., Zhelezova S.V. Improvement of potato cultivation technology in the precision farming system. *Potato and vegetables*. 2019;(6):30-34. (in Russ.) <https://doi.org/10.25630/PAV.2019.39.30.007> <https://www.elibrary.ru/jpplnv>
20. Belenkov A., Peliy A., Vasyukova A., Burlutskiy V., Borodina E., Diop E., Moskin A. Impact of various cultivation technologies on productivity of potato (*Solanum tuberosum*) in central non-Cenozoic zone of Russia. *Research on crops*. 2020;(3):67-74. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2020.081> <https://www.elibrary.ru/hpllgc>

Об авторах:

Алексей Иванович Беленков – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, консультант селекционного центра по кормовым культурам, <https://orcid.org/0000-0003-0422-4936>, SPIN-код: 8397-1599, автор для переписки, belenokaleksis@mail.ru

Ольга Александровна Васильева – научный сотрудник, VasilevaOA@vniikormov.ru

About the Authors:

Alexey I. Belenkov – Dr. Sci. (Agriculture), Professor, Consultant of the Breeding Center for Forage Crops, <https://orcid.org/0000-0003-0422-4936>, SPIN-code: 8397-1599, Corresponding Author, belenokaleksis@mail.ru

Olga A. Vasilyeva – Researcher, VasilevaOA@vniikormov.ru