

На правах рукописи

ПОПОВА Елена Леонидовна

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОГО РАПСА
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
И УДОБРЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ
ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2013

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО
«Ставропольский государственный аграрный университет» в 2010–2013 гг.

Научный руководитель: **Дридигер Виктор Корнеевич,**
заместитель директора Ставропольского
НИИСХ по инновационной деятельности,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты: **Дорожко Георгий Романович,**
профессор кафедры общего и мелиоративного
земледелия Ставропольского ГАУ,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Бушнев Александр Сергеевич,
заведующий лабораторией агротехники
Всероссийского НИИ масличных культур,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Ведущая организация: **Государственное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский
институт рапса»**

Защита диссертации состоится 19 декабря 2013 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 220.062.03 при ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, аудитория № 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», с авторефератом – на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии <http://vak.ed.gov.ru> и на официальном сайте университета: www.stgau.ru

Автореферат разослан « ____ » ноября 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А. П. Шутко

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время всё большее распространение получает технология возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы (нулевая технология), которая позволяет существенно сократить затраты на производство продукции и тем самым повысить экономическую эффективность растениеводства.

В связи с этим большой научный и практический интерес представляет возможность и эффективность возделывания по нулевой технологии культуры озимого рапса, который в Ставропольском крае ежегодно высевается на площади более 110 тыс. га.

Цель работы – изучить влияние общепринятой нулевой технологии и удобрений на рост, развитие и урожайность озимого рапса на черноземе выщелоченном Центрального Предкавказья.

Задачи исследований:

– изучить влияние общепринятой и нулевой технологии возделывания озимого рапса на агрофизические свойства чернозема выщелоченного;

– выявить влияние технологии возделывания и минеральных удобрений на процессы формирования урожая, особенности фотосинтетической деятельности и засорённость посевов, урожайность и качество продукции озимого рапса;

– определить экономическую эффективность общепринятой и нулевой технологии возделывания озимого рапса с внесением общепринятой и расчётной дозы минеральных удобрений.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые в зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья изучено влияние общепринятой и нулевой технологии возделывания озимого рапса на агрофизические свойства чернозема выщелоченного, рост, развитие, урожайность и качество продукции озимого рапса и определена экономическая эффективность технологии возделывания и доз минеральных удобрений под эту культуру.

Практическая значимость работы. На основании проведённых исследований и экономических расчётов доказана возможность возделывания озимого рапса по нулевой технологии на чернозёме выщелоченном Центрального Предкавказья и даны рекомендации производству по возделыванию этой культуры по общепринятой и нулевой технологии с внесением расчётной дозы минеральных удобрений, обеспечивающих наибольшую экономическую эффективность производства.

Результаты исследований внедрены в ООО СХП «Урожайное» Ипатовского района Ставропольского края на площади 260 га с годовым экономическим эффектом 1,3 млн рублей.

Основные положения, выносимые на защиту:

- нулевая технология возделывания озимого рапса обеспечивает большее накопление продуктивной влаги в почве и не вызывает её переуплотнение;
- закономерности формирования урожая, особенности фотосинтетической деятельности и засорённости посевов, урожайность и качество продукции озимого рапса в зависимости от технологии возделывания и удобрений;
- экономическая оценка эффективности технологий возделывания озимого рапса и доз внесения минеральных удобрений на черноземе выщелоченном зоны неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья.

Апробация работы. Материалы диссертации доложены на научно-практических конференциях «Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе» (Ставрополь, 2011); «Аграрная наука, творчество, рост» (Ставрополь, 2011), «Применение современных ресурсосберегающих инновационных технологий в АПК» (Ставрополь, 2013). По материалам исследований опубликовано 7 научных работ, в том числе 3 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объём работы. Диссертация изложена на 145 страницах машинописного текста и состоит из введения, пяти глав, выводов, предложений производству и приложений. Иллюстрационный материал включает 33 таблицы, 5 рисунков и графиков и 22 приложения. Список литературы содержит 122 наименования.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые опыты проводили на экспериментальном поле опытной станции Ставропольского государственного аграрного университета в многолетнем стационарном опыте в 2010–2013 гг. Территория опытного участка относится к зоне неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья, характеризующейся континентальностью, неустойчивым увлажнением в течение года (ГТК – 0,9–1,1) и довольно высокой теплообеспеченностью вегетационного периода. Годовое количество осадков составляет 450–550 мм. В основном осадки выпадают весной и летом. Сумма среднесуточных температур воздуха выше 5 °С колеблется от 3200 до 3400 °С.

Метеорологические условия в годы проведения исследований были характерными для зоны. Более благоприятные условия увлажнения сложились в 2010–2011 году, когда за период вегетации озимого рапса выпало 613 мм осадков. Менее благоприятным был 2012–2013 год – 537, наиболее засушливым 2011–2012 год – 456 мм.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный мощный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса в пахотном горизонте 5,5 %. Содержание в почве подвижного фосфора 22 мг, обменного калия – 250 мг/кг почвы. Реакция почвенного раствора близка к нейтральной, рН = 6,7.

Предшественником в опыте была озимая пшеница. При возделывании озимого рапса по общепринятой технологии после уборки проводили лущение стерни, вспашку, выравнивание почвы культиватором КПС-4. При нулевой технологии обработку почвы не проводили, но за 5–7 дней до посева делянки опрыскивали гербицидом сплошного действия торнадо.

Посев озимого рапса сорта Дракон по общепринятой технологии осуществляли сеялкой СЗ-3,6, по нулевой – сеялкой прямого посева Рапид. В обоих случаях способ посева сплошной рядовой с нормой высева 1,5 млн всхожих семян на 1 га, глубина заделки семян 3–4 см.

При обеих технологиях возделывания в контрольном варианте удобрения не вносили. Рекомендованную дозу удобрений ($N_{60}P_{30}K_{30}$) вносили сеялкой одновременно с посевом и в весеннюю подкормку разбросным способом. Расчётную дозу удобрений ($N_{90}P_{55}K_{20}$) – частями: вразброс перед посевом озимого рапса, одновременно с посевом и в весеннюю подкормку разбросным способом.

Для борьбы с сорняками и вредителями посевы озимого рапса в фазе стеблевания обрабатывали гербицидом галера – 0,3 л/га и в фазе бутонизации инсектицидом фастак – 0,1 л/га.

Опыт двухфакторный 2×3 , расположение делянок двухъярусное, повторность опыта – трехкратная, размещение вариантов – рендомизированное, общая площадь делянки 750, учетная 112 м².

Фенологические наблюдения, подсчёт густоты стояния растений, количества и массы сорняков по видам и фазам развития озимого рапса проводили по методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1971). Площадь листовой поверхности определяли методом высечек и использовали в дальнейшем при определении параметров ассимиляционной активности растений (Нечипорович и др., 1961). Учет урожая сплошной, поделяночный – путем обмолота комбайном Сампо-500.

Перед посевом, во время весеннего отрастания и перед уборкой определяли влажность почвы на глубину 1 м (послойно через 10 см) термостатно-весовым методом (Кауричев, 1986). Одновременно отбирали образцы почвы для химического анализа на содержание элементов питания. Нитратный азот определяли по Грандваль-Ляжу, подвижный фосфор по Мачигину, обменный калий – фотоколориметрическим методом (Аринушкина, 1970). Плотность почвы в слое 0–30 см (послойно через 10 см) определяли методом режущего кольца (Доспехов и др., 1987).

Содержание масла в семенах озимого рапса определяли методом ядерно-магнитного резонанса (Аспиотис, 1975), жирнокислотный состав масла – методом газожидкостной хроматографии (Харченко, 1986), содержание глюкозинолатов – методом тест-палатия.

Статистическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного и корреляционного анализа (Доспехов, 2011; Томилов, 1987).

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Полевая всхожесть и сохранность растений озимого рапса. При возделывании озимого рапса по нулевой технологии на её поверхности находится от 2,19 до 2,55 т/га растительных остатков озимой пшеницы, которые способствуют большему накоплению и лучшему сохранению продуктивной влаги к посеву озимого рапса по сравнению с общепринятой технологией с применением вспашки (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние технологии возделывания и удобрений на полевую всхожесть семян озимого рапса (среднее за 2010–2012 гг.)

Технология	Удобрение	Доступная влага в слое почвы 0–20 см, мм	Кол-во всходов, шт/м ²	Полевая всхожесть, %	Время появления всходов, дней
Общепринятая	Без удобрений	16,9	86	57,8	9
	Рекомендованное	16,8	89	59,2	9
	Расчетное	16,8	91	60,8	9
	Среднее	16,8	89	59,3	10
Нулевая	Без удобрений	22,7	83	55,0	10
	Рекомендованное	25,4	84	56,0	10
	Расчетное	25,8	83	55,3	10
	Среднее	24,6	83	55,4	10

Однако полевая всхожесть семян и количество всходов озимого рапса при нулевой технологии меньше, а время появления всходов на дневной поверхности почвы на 1 день дольше, чем при общепринятой технологии.

Ещё большее преимущество имеет общепринятая технология в годы, когда после посева выпадают интенсивные осадки. Такое явление мы наблюдали в 2011 году, когда по обработанной почве получено в среднем 87, а по необработанной – 52 шт/м² всходов, или на 35 шт/м² (40,2 %) меньше.

В 2012 году, когда до посева и в течение месяца после посева не было осадков, преимущество по количеству взошедших растений озимого рапса имели посевы по нулевой технологии, где получено 100 шт/м² всходов против 76 шт/м² по общепринятой технологии, или на 34 шт/м² (34,0 %) больше.

Чтобы установить причину снижения полевой всхожести семян озимого рапса при его посеве по необработанной почве нами в лабораторных условиях проведён опыт по влиянию растительных остатков озимой пшеницы на появление всходов и первоначальный рост проростков этой культуры.

В первой серии опытов концентрация настоя из растительных остатков озимой пшеницы в растворе составила 0, 25, 50, 75 и 100 %. Уже на тре-

тый день после посева семян озимого рапса в чашки Петри наблюдалось сильное (от 34 до 43 %) ингибирование процесса их прорастания при всех концентрациях настоя из растительных остатков озимой пшеницы. На 7-й день всхожесть семян рапса под воздействием настоя снизилась на 64–80 %, что по градации, предложенной Е. Ф. Семеновой с коллегами (2008), соответствует очень сильному аллелопатическому воздействию.

Чтобы определить пределы концентрации настоя, при которой не наблюдается столь пагубное влияние растительных остатков озимой пшеницы, проведена вторая серия опытов с концентрацией настоя 0, 5, 10, 15 и 20 %, но ингибирование процесса прорастания семян озимого рапса также наблюдалось уже на третий день (таблица 2).

Таблица 2 – Аллелопатическое влияние послеуборочных остатков озимой пшеницы на прорастание семян озимого рапса (среднее по трём закладкам опыта)

Концентрация настоя соломы, %	Проросло семян, %			Снижение всхожести, %		
	3-й день	7-й день	11-й день	3-й день	7-й день	11-й день
0	43	94	94	–	–	–
5	41	90	91	2	4	3
10	36	86	87	7	8	7
15	25	76	78	18	18	16
20	18	51	53	25	43	41

На 7-й и 11-й день разница во всхожести с увеличением концентрации настоя ещё больше возростала. Тем не менее аллелопатическое воздействие 5 % настоя растительных остатков озимой пшеницы на прорастание семян озимого рапса классифицируется как очень слабое (снижение всхожести до 5 %), при концентрации 10 % – слабое (5–10 %), 15 % – среднее (11–25 %) и 20 % как сильное (26–50 %).

Растительные остатки озимой пшеницы сдерживали также первоначальный рост проростков и корешков озимого рапса. На 7-й день на контроле и при 5 % концентрации настоя практически все проростки образовали семядольные листочки зелёного цвета с длиной стебелька 37,0 и 35,3, длиной корешка 22,3 и 27,8 мм. При 15 % концентрации раствора семядольные листочки образовали 89 % проростков светло-желтой окраски и некоторые семена начали плесневеть. На концентрации 20 % значительно меньше проростков имели семядольные листочки светло-желтого цвета, наблюдалось плесневение семян и неприятный запах.

На 11-й день наблюдений ингибирующее воздействие растительных остатков при концентрации настоя 15 и 20 % стало ещё большим – уси-

лилось плесневение семян и появился резкий неприятный запах. При меньшей концентрации раствора, особенно 5 %, первоначальное развитие проростков и корешков было близко к контролю, где семена посеяны в дистиллированную воду (рисунок 1).

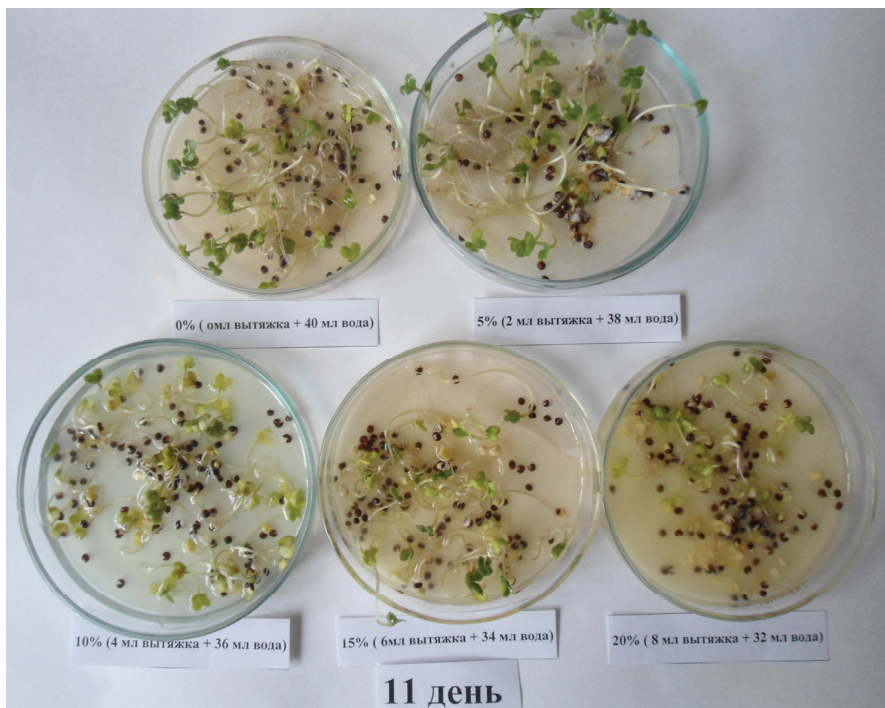


Рисунок 1 – Состояние проростков озимого рапса на 11-й день после посева в зависимости от концентрации настоя растительных остатков озимой пшеницы

То есть растительные остатки озимой пшеницы ингибируют прорастание семян и первоначальный рост проростков озимого рапса при любом количестве их присутствия в растворе питательной среды. Только при концентрации настоя 5 и 10 % наблюдается очень слабое и слабое аллелопатическое воздействие, а при концентрации 20 % и выше – сильное и очень сильное.

Поэтому при возделывании озимого рапса по нулевой технологии снижение полевой всхожести семян и задержка появления всходов в годы с большим количеством выпадающих после посева осадков (2011 год) можно объяснить вымыванием из соломы аллелопатических веществ, кото-

рые, попадая в почву, отрицательно воздействуют на процесс прорастания и первоначальный рост проростков озимого рапса.

Аллелопатическое воздействие растительных остатков озимой пшеницы сказалось на сохранности растений и в течение вегетации. В среднем за годы исследований до ухода в зиму при общепринятой технологии погибает 6,3, а по нулевой 9,2 % взошедших растений, в зимнее время – 20,0 и 34,6 %. За весь период вегетации при общепринятой технологии сохраняется 71,1, а при нулевой немного более половины взошедших растений – 54,0 %.

3.2. Плотность почвы. Во все годы исследований плотность почвы при обеих технологиях возделывания озимого рапса находилась в пределах оптимальных значений для чернозёмных почв. Перед посевом более рыхлая почва после вспашки – 1,11 г/см³ в слое 0–10 см, 1,19 г/см³ в слое 10–20 см и 1,35 г/см³ в подпахотном слое 20–30 см. При нулевой технологии возделывания её плотность по всему профилю более однородная и составляет 1,26–1,29 г/см³.

Следует обратить внимание, что при прямом посеве рабочими органами сеялки перед каждым сошником разрыхляется полоска почвы шириной 1,5–2 см и глубиной 10 см. Такая технология посева позволяет обеспечить проростки семян влагой за счёт её большего накопления и лучшего сохранения, чем при традиционной технологии, кислородом воздуха и создаёт оптимальную плотность сложения для роста корешка и в дальнейшем растения. Разрыхлённые полоски почвы находятся друг от друга на расстоянии от 12 до 19 см (в зависимости от конструкции сеялки), чем разрыхляют верхний десятисантиметровый слой и снижают его плотность. Это подтверждает более низкая плотность верхнего слоя почвы во время весеннего возобновления вегетации при нулевой технологии возделывания, чем перед посевом и нижележащих слоёв. При традиционной технологии возделывания также более рыхлым является верхний слой – 1,15 г/см³, нижележащий слой 10–20 см уплотнён до 1,23 г/см³, а подпахотный горизонт почвы плотнее такого же горизонта при нулевой технологии возделывания – 1,33 против 1,28 г/см³.

К полной спелости весь тридцатисантиметровый слой принимает довольно однородную плотность – от 1,31 до 1,33 г/см³. При традиционной технологии плотность верхнего слоя немного меньше нижележащего, а плотность подпахотного горизонта, опять же, выше, чем при нулевой технологии.

3.3. Обеспеченность растений влагой и элементами питания. В течение всего периода вегетации при возделывании озимого рапса по нулевой технологии в почве содержалось больше продуктивной влаги, чем по общепринятой технологии (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние технологии и удобрений на содержание продуктивной влаги в почве в посевах озимого рапса, мм (среднее за 2010–2013 гг.)

Удобрение	Слой почвы, см	Перед посевом		Весеннее отрастание		Полная спелость	
		Общепринятая	Нулевая	Общепринятая	Нулевая	Общепринятая	Нулевая
Без удобрений	0–50	35,3	46,4	68,0	71,0	31,9	36,3
	0–100	81,0	109,5	142,3	162,8	82,7	98,5
Рекомендованное	0–50	36,0	46,6	67,6	76,2	24,7	29,1
	0–100	79,8	108,1	136,5	162,4	68,2	81,0
Расчетное	0–50	36,6	46,1	75,7	72,7	20,9	26,6
	0–100	85,8	107,5	141,1	174,3	62,9	72,0
Среднее	0–50	36,0	46,4	70,4	73,3	25,8	30,7
	0–100	82,2	108,4	140,0	166,5	71,3	83,8

Во время весеннего возобновления вегетации в метровом слое почвы при общепринятой технологии содержалось 140,0, при нулевой технологии – 166,5 мм продуктивной влаги. Разница составила 26,5 мм, или 18,9 %. К фазе полной спелости разница между технологиями уменьшилась, но, тем не менее, она была в пользу нулевой технологии возделывания культуры.

Перед посевом содержание нитратного азота по обеим технологиям без внесения удобрений было очень низким – 5,3–6,9 мг/кг почвы. Внесение азотных удобрений в рекомендованной дозе повысило этот показатель в верхнем слое почвы до 20,5–22,0, расчётной – до 23,2–25,4 мг/кг.

Содержание подвижного фосфора без внесения удобрений в пахотном слое почвы также было на низком уровне – 10,4–14,4 мг/кг почвы. Внесение фосфорных удобрений повысило его содержание до среднего – 20,7–28,0 мг/кг, а при внесении расчётной дозы фосфора по нулевой технологии и до повышенного в слое почвы 0–10 см – 38,1 мг/кг почвы.

Причиной большего содержания доступного фосфора в слое почвы 0–10 см при нулевой технологии является внесение удобрений на глубину заделки семян. Равномерное распределение этого элемента в слое почвы 0–20 см при традиционной технологии является следствием вспашки, в процессе которой происходит оборачивание и перемешивание этого горизонта почвы.

Перед уборкой содержание доступных для растений элементов питания снизилось по всем вариантам опыта, особенно нитратного азота по удобренным фонам. На содержание обменного калия технологии возделывания и удобрения влияния не оказали.

3.4. Рост и развитие растений. Перед уходом в зиму наибольшие биометрические показатели имели растения озимого рапса при его возделывании по общепринятой технологии (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние технологии возделывания и удобрений на биометрические показатели растений озимого рапса перед уходом в зиму (среднее за 2010–2012 гг.)

Технология	Удобрение	Сырая масса, г		Площадь листьев	
		1 м ² посева	1 растения	м ² /м ²	1 растения, см ²
Общепринятая	Без удобрений	940	11,9	2,34	295,4
	Рекомендованное	1207	13,6	3,01	337,6
	Расчетное	1295	14,5	3,23	362,7
	Среднее	1148	13,3	2,86	331,9
Нулевая	Без удобрений	588	7,1	1,57	189,8
	Рекомендованное	836	9,7	2,24	259,4
	Расчетное	941	10,8	2,52	289,0
	Среднее	788	9,2	2,11	246,1

При обеих технологиях возделывания внесение минеральных удобрений способствовало увеличению вегетативной массы растений и росту площади листовой поверхности посевов. Но больший прирост этих показателей обеспечили минеральные удобрения при возделывании озимого рапса по нулевой технологии. Так, вегетативная масса посевов и их площадь листьев возросли по нулевой технологии на 42,2–60,0, одного растения – на 36,6–52,2 %, а по общепринятой – на 28,4–37,7 и 14,2–21,8 %.

Нами проведена математическая обработка полученных данных и установлено, что на процесс формирования вегетативной массы растениями озимого рапса в осенний период оказывает влияние количество продуктивной влаги в метровом слое почвы перед посевом ($r = 0,462$). Ещё большее влияние на этот процесс оказывает количество выпавших осадков в течение осенней вегетации ($r = 0,579$). Но наиболее тесная зависимость наблюдается от совместного воздействия обоих факторов ($r = 0,736$).

Прямая тесная корреляционная зависимость наблюдается также с продолжительностью периода осенней вегетации ($r = 0,843$) и количеством положительных температур воздуха за этот период ($r = 0,865$).

К началу весеннего отрастания растений вегетативная масса посевов значительно ниже, чем перед уходом в зиму. Это связано с отмиранием

части листьев в зимнее время. После весеннего возобновления вегетации растения озимого рапса интенсивно растут и максимальной надземной биомассы по всем вариантам опыта достигают в фазе бутонизации – цветения (рисунок 2).

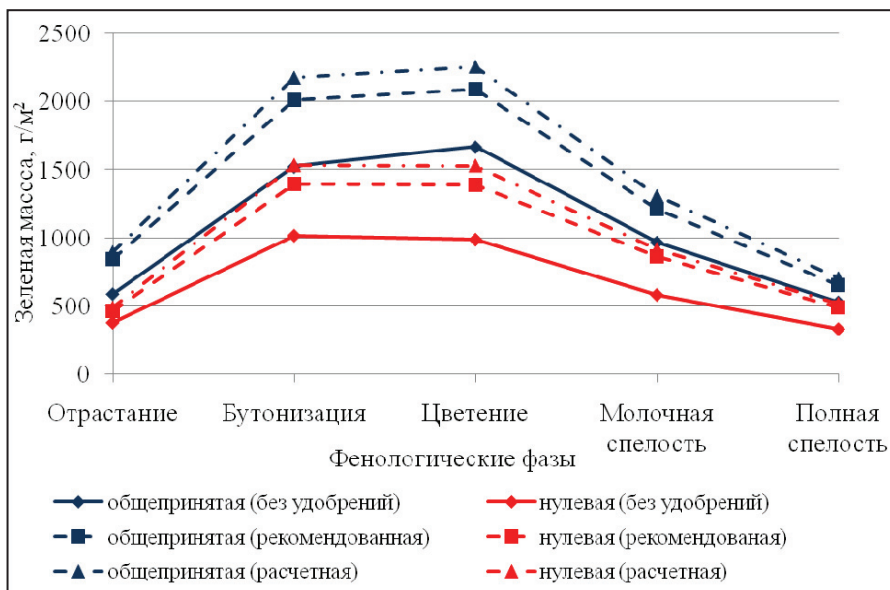


Рисунок 2 – Влияние технологии и удобрений на динамику зеленой массы посевов озимого рапса (среднее за 2011–2013 гг.)

Существенное влияние на прирост вегетативной массы оказали минеральные удобрения по обеим технологиям возделывания. В фазе бутонизации зелёная масса растений с 1 м² посевов без внесения минеральных удобрений по общепринятой технологии составила 1523, по нулевой – 1017 г. Внесение рекомендованной дозы удобрений повысило этот показатель до 2011 и 1395, расчётной дозы – до 2174 и 1528 г. В фазе цветения зелёная масса посевов составила соответственно 1669 и 988, 2092 и 1388, 2255 и 1528 г/м². Прирост надземной биомассы от рекомендованной дозы внесения удобрений в фазе бутонизации составил 32,0 % по общепринятой и 37,2 % по нулевой технологии, от расчётной – 42,7 и 50,6 %. В фазе цветения прирост составил соответственно 25,3 и 40,5; 35,1 и 54,6 %. То есть при возделывании озимого рапса по нулевой технологии вносимые минеральные удобрения оказывают более эффективное воздействие на прирост надземной биомассы, чем при общепринятой технологии.

3.5. Фотосинтетическая деятельность посевов. Наибольшую площадь листовой поверхности формировали посевы озимого рапса, возделываемые по общепринятой технологии. В среднем по трем дозам внесения удобрений она составила 1,46 м²/м² во время весеннего отрастания, 3,65 – в фазе бутонизации, 2,76 – в цветение и 0,73 – при молочной спелости семян. Возделывание озимого рапса по нулевой технологии привело к уменьшению листовой поверхности посевов в течение всего вегетационного периода соответственно до 1,14; 2,38; 2,21 и 0,63 м²/м².

Вносимые удобрения повышали ассимиляционную поверхность, и чем больше доза удобрений, тем площадь листьев больше при обеих технологиях возделывания культуры. Но больший её прирост в фазе бутонизации наблюдался при нулевой технологии возделывания – 37,0 % при рекомендованной дозе удобрений и 50,5 % при расчётной дозе против 32,2 и 42,8 % по общепринятой технологии возделывания. По всем вариантам опыта увеличение площади листовой поверхности наблюдалось от начала весеннего отрастания и до фазы бутонизации, когда она была наибольшей и составила в среднем по общепринятой технологии 3,65 и 2,38 м²/м² по нулевой технологии. В дальнейшем, по мере прохождения фенологических фаз, площадь листовой поверхности снижалась и к полной спелости листья усыхали и опадали.

Наибольшего листового индекса в фазе бутонизации достигали посевы озимого рапса в 2011 году – 5,16 м²/м² по общепринятой и 3,59 м²/м² по нулевой технологии. Самой маленькой была площадь листовой поверхности в 2012 году – 1,93 и 0,44 м²/м².

В наших опытах самый высокий фотосинтетический потенциал имели посевы озимого рапса в 2010/2011 году. Это обусловлено более продолжительным периодом вегетации в осенний период – 79 дней против 36 дней в 2011 и 55 дней в 2013 году, что позволило растениям лучше перезимовать и иметь во время весеннего отрастания более мощный листовой аппарат. В этот год в среднем у посевов озимого рапса по общепринятой технологии фотосинтетический потенциал за весь период вегетации составил 4,27 млн м²×сутки/га, что на 1,09 млн м²×сутки/га, или на 25,5 %, больше, чем при нулевой технологии возделывания (таблица 5).

Самым маленьким фотосинтетический потенциал посевов озимого рапса был в 2011/2012 году, что связано с коротким периодом осенней вегетации и более слабым развитием листового аппарата растений из-за засухи.

Вносимые удобрения обеспечили увеличение фотосинтетического аппарата посевов озимого рапса по обеим технологиям возделывания. Тем не менее по общепринятой технологии фотосинтетический потенциал посевов в среднем за годы исследований при рекомендованной дозе внесения минеральных удобрений составил 3,00, расчётной – 3,22 млн м²×сутки/га, тогда как при нулевой технологии – 2,29 и 2,44 млн м²×сутки/га, или на 0,71 и 0,78 млн м²×сутки/га, или 23,6 и 24,2 % меньше.

Таблица 5 – Влияние технологии и удобрений на фотосинтетический потенциал посевов озимого рапса, млн м²×сутки/га

Технология	Удобрение	Год			Среднее
		2011	2012	2013	
Общепринятая	Без удобрений	3,40	0,79	2,55	2,25
	Рекомендованное	4,56	1,13	3,27	3,00
	Расчетное	4,86	1,24	3,55	3,22
	Среднее	4,27	1,05	3,12	2,81
Нулевая	Без удобрений	2,25	0,21	2,35	1,64
	Рекомендованное	3,50	0,32	2,95	2,29
	Расчетное	3,80	0,39	3,23	2,44
	Среднее	3,18	0,31	2,84	2,11

Нами проведена математическая обработка полученной информации и установлено, что количество синтезируемого посевами озимого рапса абсолютно сухого вещества напрямую зависит от площади листовой поверхности ($r = 0,612$) и ещё больше фотосинтетического потенциала посевов ($r = 0,762$). В то же время не наблюдается связи этого показателя с продуктивностью работы листовой поверхности посевов ($r = 0,131$). Поэтому в течение всего периода вегетации больше сухой надземной биомассы синтезируют посевы озимого рапса, имеющие большую площадь листовой поверхности и фотосинтетический потенциал, то есть возделываемые по общепринятой технологии с внесением минеральных удобрений (таблица 6).

Таблица 6 – Динамика абсолютно сухого вещества посевов озимого рапса в зависимости от технологии возделывания и удобрений, г/м² (среднее за 2010–2013 гг.)

Технология	Удобрение	Фенологическая фаза			
		Отрастание	Бутонизация	Цветение	Молочная спелость
Общепринятая	Без удобрений	81,3	249,8	352,2	438,5
	Рекомендованное	116,9	329,8	441,4	549,5
	Расчетное	123,8	356,5	475,8	592,5
	Среднее	107,4	312,1	423,0	527,3
Нулевая	Без удобрений	52,5	168,8	211,4	281,9
	Рекомендованное	64,1	231,6	297,0	387,9
	Расчетное	67,8	254,3	327,0	412,6
	Среднее	61,4	218,3	278,4	354,1

При этом количество синтезируемого абсолютно сухого вещества от внесения рекомендованной дозы удобрений при возделывании озимого рапса по общепринятой технологии в фазе бутонизации возросло на 32,0 %, от внесения расчётной дозы – на 42,7 %, тогда как при нулевой технологии возделывания произошло увеличение сухой массы на 37,2 и 50,6 %. В фазе цветения эти показатели составили соответственно 25,3 и 35,0; 40,5 и 54,7 %. То есть относительный прирост абсолютно сухого вещества от внесения удобрений при нулевой технологии возделывания озимого рапса выше, чем при общепринятой технологии.

3.6. Засорённость посевов. Во все годы исследований наблюдался смешанный тип засорённости с преобладанием зимующих сорняков. Основными видами сорных растений являются зимующие сорняки: сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris* R. Br.), пастушья сумка (*Capsela bursa pastoris* L.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.). Реже встречались ранние яровые сорняки – василёк синий (*Centaurea cyanus* L.), марь белая (*Chenopodium album* L.), звездчатка средняя (*Stellaria media* L.) и поздние яровые сорняки – амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisifolia* L.), щирица обыкновенная (*Amarantus retroflexus* L.), мышей сизый (*Setaria glauca* L.). Отдельными растениями встречались латук компасный (*Lactuca serriola* L.), болиголов пятнистый (*Conium maculatum* L.), фиалка трёхцветная (*Viola tricolor* L.), яснотка пурпурная (*Lamium purpureum* L.), хориспора нежная (*Chorispora tenella* (Pall.) DC). Из многолетних сорняков вегетировали осот розовый (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) и полевой (*Sonchus arvensis* L.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.).

По годам исследований видовой состав сорных растений менялся незначительно. В 2010/2011 году не было выявлено преобладающего вида сорных растений, все они в небольшом количестве (от 1–2 до 5–8 шт/м²) вегетировали в посевах озимого рапса. В 2011/2012 году среди сорных растений преобладала сурепка обыкновенная, много было ярутки полевой и пастушьей сумки. В фазе цветения в посевах вегетировали поздние яровые сорняки: амброзия полыннолистная, щирица обыкновенная и мышей сизый. В 2012/2013 году по обеим технологиям и нормам удобрений в посевах озимого рапса произрастал вьюнок полевой. В этот год во время весеннего отрастания появились звездчатка средняя, яснотка пурпурная и хориспора нежная, последние два вида вегетировали и в цветение.

Во все годы исследований наблюдалось немного большее количество и масса сорных растений в осенний период при возделывании озимого рапса по общепринятой технологии в сравнении с нулевой (таблица 7).

Таблица 7 – Засорённость посевов озимого рапса в зависимости от технологии возделывания и удобрений (среднее за 2010–2013 гг.)

Технология	Удобрение	Фенологическая фаза		
		Розетка	Весеннее отрастание	Цветение
Общепринятая	Без удобрений	60 / 31,5	42 / 46,7	11 / 9,3
	Рекомендованное	78 / 45,9	53 / 43,4	13 / 9,2
	Расчетное	64 / 40,6	58 / 43,4	12 / 10,8
	Среднее	67 / 39,3	51 / 44,5	12 / 9,8
Нулевая	Без удобрений	45 / 31,7	50 / 59,7	13 / 10,5
	Рекомендованное	50 / 40,2	55 / 42,9	14 / 11,3
	Расчетное	46 / 34,4	47 / 35,2	14 / 11,6
	Среднее	47 / 35,4	51 / 45,9	14 / 11,1

Примечание: – в числителе количество сорняков, шт/м²;
– в знаменателе сырая масса, г/м².

Во время весеннего возобновления вегетации количество и сырая масса сорняков по обеим технологиям и дозам внесения удобрений различалась незначительно. К фазе цветения засорённость посевов снижалась из-за обработки посевов гербицидом и мощным развитием озимого рапса. Поэтому сорняки не оказали влияния на рост, развитие и урожайность озимого рапса.

3.7. Урожайность и качество семян. Во всех трёх закладках опыта урожайность семян озимого рапса достоверно выше при его возделывании по традиционной технологии с применением вспашки, чем по нулевой технологии без обработки почвы (таблица 8).

Таблица 8 – Влияние технологии возделывания на урожайность озимого рапса, т/га

Технология	Год			Среднее
	2011	2012	2013	
Общепринятая	2,92	1,51	2,24	2,22
Нулевая	2,46	1,08	1,55	1,69
НСР _{0,95}	0,04	0,08	0,01	0,05

Внесение удобрений также обеспечило достоверную прибавку урожая как в отдельные годы исследований, так и по средним данным урожайности (таблица 9).

Таблица 9 – Влияние удобрений на урожайность озимого рапса, т/га

Удобрение	Год			Среднее
	2011	2012	2013	
Без удобрений	2,35	1,08	1,54	1,66
Рекомендованное	2,75	1,29	1,95	1,99
Расчетное	2,98	1,52	2,21	2,24
НСР _{0,95}	0,06	0,05	0,09	0,07

Прибавка урожая от внесения рекомендованной дозы удобрений составила в среднем за 3 года 0,33 т/га (с колебаниями по годам от 0,21 до 0,41 т/га), или 19,9 %, от применения расчётной дозы – 0,58 (от 0,44 до 0,67) т/га, или 34,9 %.

Общепринятая технология возделывания обеспечила математически достоверную прибавку урожая по сравнению с нулевой при всех дозах внесения минеральных удобрений. В свою очередь, применение минеральных удобрений обеспечило достоверную прибавку урожая семян по обеим технологиям возделывания озимого рапса, как и превышение урожайности при расчётной дозе удобрений по сравнению с рекомендованной (таблица 10).

Таблица 10 – Влияние технологий и удобрений на урожайность озимого рапса, т/га

Технология	Удобрение	Год			Среднее
		2011	2012	2013	
Общепринятая	Без удобрений	2,58	1,34	1,92	1,95
	Рекомендованное	2,96	1,52	2,28	2,25
	Расчетное	3,23	1,68	2,53	2,48
Нулевая	Без удобрений	2,11	0,81	1,16	1,36
	Рекомендованное	2,54	1,06	1,62	1,74
	Расчетное	2,73	1,36	1,88	1,99
НСР _{0,95}		0,08	0,06	0,09	0,08

Основным фактором, влияющим на урожайность семян озимого рапса, является густота стояния растений перед уборкой. Между этими факторами наблюдается тесная корреляционная зависимость ($r = 0,784$).

Урожайность семян коррелирует и с количеством стручков на 1 растении, количеством семян в стручке и массой 1000 семян, но зависимость здесь менее тесная – от 0,523 до 0,644. Тем не менее более высокие показатели элементов структуры урожая сформировались при внесении удобрений и возделывании озимого рапса по общепринятой технологии.

По обеим технологиям возделывания содержание масла в семенах одинаковое. При этом в 2013 году по всем вариантам опыта семена озимого рапса содержали на 1,5–1,9 % больше масла, чем в 2011 году (таблица 11).

Таблица 11 – Влияние технологий и удобрений на качество семян озимого рапса

Технология	Удобрение	Масличность, %			Глюкозинолатов, мкмоль/г		
		2011	2013	Среднее	2011	2013	Среднее
Общепринятая	Без удобрений	45,0	46,6	45,8	18,43	16,19	17,31
	Рекомендованное	46,0	47,2	46,6	11,92	16,65	14,19
	Расчетное	45,7	47,5	46,6	16,21	16,30	16,25
	Среднее	45,6	47,1	46,3	15,52	16,41	15,92
Нулевая	Без удобрений	46,1	47,2	46,6	17,34	17,05	17,20
	Рекомендованное	44,9	47,0	46,0	14,62	18,40	16,51
	Расчетное	44,7	47,0	45,9	19,81	15,71	17,76
	Среднее	45,2	47,1	46,2	17,25	17,05	17,15

Следует отметить, что при общепринятой технологии возделывания внесение минеральных удобрений приводит к небольшому (0,6–0,9 %) увеличению содержания масла в семенах, тогда как при нулевой технологии, наоборот, приводит к примерно такому же снижению этого показателя.

Во все годы исследований немного меньше глюкозинолатов – на 0,64–1,73 мкмоль/г – содержали семена озимого рапса при возделывании по общепринятой технологии. Тем не менее при обеих технологиях возделывания и всех дозах вносимых удобрений семена озимого рапса являются низкоглюкозинолатными, жмых и шрот из которых можно без опасения скармливать животным, так как они содержат глюкозинолатов менее 25 мкмоль/г.

Технологии возделывания и удобрения не оказали существенного влияния на жирнокислотный состав масла озимого рапса, кроме олеиновой и эруковой кислот. При возделывании озимого рапса по обеим технологиям без внесения удобрений содержание олеиновой кислоты в масле одина-

ковое – 62,86 и 62,74 %. Внесение удобрений увеличивает концентрацию этой кислоты на 0,56–1,73 % при обеих технологиях возделывания.

Содержание эруковой кислоты также одинаковое без внесения удобрений при возделывании озимого рапса по обеим технологиям, но внесение удобрений приводит к снижению её концентрации с 3,56–3,65 до 2,21–2,94 %.

3.8. Экономическая эффективность технологий возделывания и удобрений. При возделывании озимого рапса по общепринятой технологии значительно возрастают производственные затраты по отношению к нулевой технологии по таким статьям расходов, как заработная плата – на 292 руб/га, или 21,8 %, амортизация и ремонт сельскохозяйственной техники – на 738 и 215 руб/га, или 29,2 и 28,4 %. Такой рост производственных затрат по общепринятой технологии обусловлен необходимостью иметь значительно больше тракторов и сельхозмашин, а также большим объёмом работ по обработке почвы, чем по нулевой технологии возделывания. Однако самое большое увеличение затрат происходит по расходу (67,1 л/га при общепринятой и 27,4 л/га при нулевой технологии) горючесмазочных материалов – на 1170 руб/га, или в 2,4 раза.

В то же время при нулевой технологии возделывания на 660 руб/га, или в 1,5 раза, увеличиваются расходы на ядохимикаты, что связано с дополнительным применением перед посевом озимого рапса гербицида сплошного действия. При этом затраты на внесение рекомендованной и расчётной дозы внесения минеральных удобрений по обеим технологиям возделывания одинаковые и составляют 3105 и 4174 руб/га.

В целом производственные затраты при возделывании озимого рапса по общепринятой технологии составляют 13887, по нулевой – 11719 руб/га. То есть при нулевой технологии расходов на возделывание озимого рапса требуется меньше на 2168 руб/га, или на 15,6 %.

Поэтому, несмотря на снижение урожайности, экономическая эффективность возделывания озимого рапса по нулевой технологии довольно высокая, особенно при внесении удобрений, где при рекомендованной дозе прибыль составила 10977 руб/га, рентабельность производства – 86,7 %, при себестоимости 6428 руб/т. При внесении расчётной дозы удобрений соответственно – 14392 руб/га, 100,7 % и 5978 руб/т.

Однако самые высокие показатели экономической эффективности получены при возделывании озимого рапса по общепринятой технологии. Так, при внесении рекомендованной дозы удобрений прибыль с 1 га составила 14643 руб., рентабельность производства – 99,2 %, при себестоимости 1 тонны семян 6032,3 руб. Внесение расчётной дозы удобрений повысило прибыль до 18166 руб/га, рентабельность до 110,0 % и снизило себестоимость продукции до 5714,2 руб/т. Без внесения удобрений показатели экономической эффективности по обеим технологиям возделывания значительно ниже.

ВЫВОДЫ

1. Растительные остатки предшествующей озимой пшеницы, находящиеся на поверхности почвы при нулевой технологии возделывания озимого рапса, обеспечивают большее, чем при традиционной технологии, накопление и сохранение влаги в посевном слое, но полевая всхожесть семян по необработанной почве ниже из-за ингибирования процесса прорастания семян растительными остатками озимой пшеницы, особенно при выпадении обильных осадков после посева.

2. Технологии возделывания озимого рапса не оказывают существенного влияния на плотность почвы – она находится в пределах оптимальной для произрастания полевых культур на черноземной почве.

3. При возделывании озимого рапса по нулевой технологии в течение всего периода вегетации культуры в метровом слое почвы содержится на 11,8–26,5 мм (11,8–16,5 %) больше продуктивной влаги, чем при традиционной технологии с применением вспашки.

4. Технологии возделывания не оказали существенного влияния на содержание доступных для растений элементов питания в почве, но привели к большому накоплению подвижного фосфора в слое почвы 0–10 см при нулевой технологии возделывания, тогда как при традиционной технологии этот элемент более равномерно распределён в пахотном слое почвы. Вносимые удобрения обеспечили увеличение содержания в почве нитратного азота и подвижного фосфора.

5. Общепринятая технология возделывания обеспечивает формирование в фазе цветения 1669 г/м² сырой надземной массы без внесения удобрений и 2092 и 2255 г/м² с внесением рекомендованной и расчётной дозы удобрений, что на 681, 616 и 642 г/м² больше, чем по нулевой технологии.

6. Наиболее развитый и эффективно работающий ассимиляционный аппарат формируют посевы озимого рапса при возделывании по общепринятой технологии с внесением минеральных удобрений. Фотосинтетический потенциал таких посевов составляет 3,00–3,22 млн м²×сутки/га, и они накапливают в надземной части растений 549–592 г/м² абсолютно сухого вещества, что в 1,4 раза больше, чем при нулевой технологии возделывания культуры.

7. По всем вариантам опыта наблюдается смешанный тип засорённости посевов озимого рапса с преобладанием зимующих сорняков. Основными видами сорных растений являются сурепка обыкновенная, пастушья сумка, ярутка полевая, подмаренник цепкий. Реже встречаются василёк синий, марь белая, амброзия полыннолистная, щирица обыкновенная, мышей сизый; из многолетних – осот розовый, осот полевой и вьюнок полевой.

8. При обеих технологиях возделывания и дозах внесения удобрений сорняки находятся в нижнем ярусе в угнетённом состоянии и не оказыва-

ют существенного влияния на формирование урожая растениями озимого рапса. Исключение составляют посевы без внесения удобрений, особенно при возделывании по нулевой технологии, где сорняки способны составить культурным растениям серьёзную конкуренцию за свет, влагу и элементы питания и оказать отрицательное влияние на формирование урожая озимого рапса.

9. Наибольшую урожайность семян озимый рапс обеспечивает при его возделывании по общепринятой технологии с внесением расчётной дозы минеральных удобрений. Возделывание озимого рапса по нулевой технологии приводит к достоверному снижению урожайности семян по сравнению с общепринятой при всех дозах внесения минеральных удобрений.

10. Технологии возделывания и вносимые удобрения не оказали существенного влияния на масличность семян, а полученное из них масло является высококачественным пищевым растительным маслом.

11. Наибольшую экономическую эффективность обеспечивает возделывание озимого рапса по общепринятой технологии с внесением расчётной дозы минеральных удобрений. Экономически выгодно возделывать озимый рапс и по нулевой технологии с внесением той же расчётной дозы удобрений, так как, благодаря существенному снижению затрат на выращивание культуры, обеспечивается высокая экономическая эффективность.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. На выщелоченном черноземе Центрального Предкавказья озимый рапс следует возделывать по общепринятой технологии с внесением расчётной ($N_{90}P_{55}K_{20}$) дозы минеральных удобрений.

2. Благодаря высокой экономической эффективности озимый рапс рекомендуется возделывать и по нулевой технологии с внесением расчётной ($N_{90}P_{55}K_{20}$) дозы минеральных удобрений.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Дридигер, В. К. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур в Ставропольском крае / В. К. Дридигер, Е. Б. Дрёпа, **Е. Л. Попова** // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – № 4. – С. 34–36.
2. Дридигер, В. К. Влияние растительных остатков озимой пшеницы на прорастание семян озимого рапса / В. К. Дридигер, **Е. Л. Попо-**

- ва // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 4. – С. 10–14.
3. Дридигер, В. К. Аллелопатическое влияние растительных остатков озимой пшеницы на прорастание семян озимого рапса / В. К. Дридигер, **Е. Л. Попова** // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – №5 (43). – С. 64–67.

Публикации в других изданиях:

4. **Попова, Е. Л.** Влияние технологии возделывания на осеннее развитие озимого рапса / **Е. Л. Попова** // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе : материалы 75-й научно-практической конференции. – Ставрополь : Изд-во «Параграф», 2011. – С. 178–180.
5. **Попова, Е. Л.** Рапс: возделывание по нулевой технологии / **Е. Л. Попова** // Аграрный консультант. – Ростов н/Д : Изд-во ООО «Аркол», 2011. – № 2 (5). – С. 39–41.
6. **Попова, Е. Л.** Рапс – ценнейшая масличная культура / **Е. Л. Попова** // Аграрная наука, творчество, рост : материалы Международной научно-практической конференции. – Ставрополь : Альфа-принт, 2011. – Том 2. – С. 116–120.
7. **Попова, Е. Л.** Аллелопатическое влияние послеуборочных остатков озимой пшеницы на всхожесть и развитие проростков семян озимого рапса / **Е. Л. Попова** // Аграрная наука, творчество, рост : материалы Международной научно-практической конференции «Применение современных ресурсосберегающих инновационных технологий в АПК». – Ставрополь : Альфа-принт, 2013. – С. 192–194.

Подписано в печать 15.11.2013. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0.
Тираж 100. Заказ № 530.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ «АГРУС»,
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.