

promoted formation of seeds spring rape productivity 28,2 t/ha. Specific carrying out of basic nutrients with 1 t basic and by-product production at the given fertilizer system has made: nitrogen 44,4 kg, phosphorus 21,5 kg, potassium 54,9 kg, calcium 19,1 kg, magnesium 7,6 kg.

In researches with summer rape 2010–2011 it is established that depending on mineral fertilizers system indicators specific carrying out of nitrogen and phosphorus below standard. Specific carrying out of potassium (except without fertilizers variant) above standard and in a variant with entering N90+30P60K120 exceeded it twice. Specific carrying out of calcium exceeded standard in 2,7–4,1 time, magnesium – in 3,3–4,1 times.

Поступила 4 декабря 2012 г.

УДК 631.8.022.3:633.853.494

КАЧЕСТВО СЕМЯН ЯРОВОГО РАПСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ

**В.В. Лапа, Н.Н. Ивахненко, М.С. Лопух, О.Г. Кулеш,
А.А. Грачева, С.М. Шумак, М.М. Ломонос**

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения населения страны дешевым пищевым растительным маслом и производства биологического топлива из рапса (до 10 % от потребности) необходимо соблюдение и усовершенствование технологии возделывания (повышение урожайности и качества) культуры.

Улучшение качества рапсового масла снижением и исключением селекционным путем из семян рапса антипитательных веществ, эруковой кислоты и глюкозинолатов, вызвало во всем мире резкое увеличение спроса на него. В настоящее время рапсовое масло современных сортов широко используется на пищевые и технические цели. По жирнокислотному составу и вкусовым достоинствам оно равноценно оливковому маслу и считается одним из лучших растительных масел. По содержанию витамина Е рапсовое масло существенно превосходит подсолнечное и льняное.

Продукты переработки маслосемян, жмых и шрот, являются ценным белковым концентратом, равным по аминокислотному составу соевому, т.е. содержат все незаменимые аминокислоты, необходимые для животных и человека.

Семена рапса отличаются высоким содержанием жиров и белков, на их долю приходится около 60–70 % массы семян.

В семенах рапса содержится около 5–9 % клетчатки, 0,2–1,2 % фосфолипидов, которые характеризуются повышенным содержанием негидролизующихся форм. Рапс и продукты его переработки содержат различные антипитательные вещества: глюкозинолаты, эруковую кислоту, дубильные соединения, танины, полифенолы, фитиновую кислоту, лигнин. Присутствие глюкозинолатов в рапсовом

жмыхе или шроте – основной лимитирующий фактор его использования как 100 % белковой добавки.

Старые «традиционные» сорта рапса отличались высоким содержанием эруковой кислоты (до 50 %). Однако эруковая кислота плохо действует на сердце, поэтому для пищевых целей масло старых сортов использовалось весьма ограничено. У современных сортов по жирнокислотному составу рапсовое масло стало равноценным оливковому, поэтому оно широко используется на пищевые цели.

В состав масла рапса входит большое количество ненасыщенных жирных кислот, которые играют важную роль в регулировании жирового обмена, снижая уровень холестерина, возможность тромбообразования и ряда других заболеваний, в том числе опухолевых. В жирах животного происхождения они не встречаются или присутствуют в незначительных количествах.

В последние годы интерес к рапсу возрос еще и в связи с использованием рапсового масла на энергетические цели и в олеохимии.

Рапс как высокобелковая культура хорошо сбалансирована по аминокислотному составу, является одним из перспективных источников обеспечения животноводства полноценными белками. В настоящее время рапс для Беларуси – это пищевое масло, белок и отличный предшественник для зерновых. Как любая высокопродуктивная культура, рапс предъявляет высокие требования к плодородию почвы и запасу питательных веществ в ней. Получение высоких и устойчивых урожаев этой культуры невозможно без научно-обоснованной системы удобрения [1–8].

Цель исследований – оценить качество семян ярового рапса в зависимости от применяемых систем удобрения, гранулометрического состава и уровня почвенного плодородия.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению влияния применения различных систем удобрения на урожайность и качество ярового рапса проводили в длительном стационарном полевом опыте в СПК «Щемыслица» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке, и в краткосрочных опытах на дерново-подзолистой супесчаной почве в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» Узденского района.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы: pH_{KCl} 5,8–6,0, содержание P_2O_5 – 400–420, K_2O – 300–320 мг/кг почвы, гумуса – 1,8–2,0 % (балл плодородия – 42, $I_{ок}$ – 0,94). Полевой опыт был заложен в трех полях (2006–2012 гг.) в зерно-травяном севообороте со следующим чередованием культур: пелюшко-овсяная смесь на зеленую массу – озимое тритикале + клевер – клевер луговой 1 года – яровая пшеница – яровой рапс. Схемой опыта предусмотрено внесение трех доз азота на фоне различных уровней фосфорно-калийного питания: только за счет почвенного плодородия, на дефицитный и поддерживающий баланс фосфора и калия в почве. Органические удобрения вносили фоном в дозе 40 т/га под пелюшко-овсяную смесь из расчета их действия и последствия на следующую культуру севооборота – озимое тритикале. Уровень органических удобрений в севообороте (8 т/га севооборотной площади) исходил из реального применения органических удобрений в производ-

2. Плодородие почв и применение удобрений

стве. Общая площадь делянки – 69 м² (11,5 × 6 м), учетная – 45 м² (10 × 4,5 м), повторность вариантов в опыте – 4-кратная. Яровой рапс Янтарь возделывали в 2010–2011 гг. Технология возделывания – общепринятая для РБ [9]. Уход за посевами включал: обработку гербицидом бутизан стар – 2 л/га, трехкратную обработку инсектицидом децис экстра – 0,06 л/га, обработку фунгицидом прозаро – 0,8 л/га.

Агрохимические показатели пахотного слоя дерново-подзолистой супесчаной почвы в опыте с последствием органических и минеральных удобрений: рН_{KCl} – 5,25–5,50, P₂O₅ – 73–151, K₂O – 70–156 мг/кг почвы, гумус – 2,10–2,41 % (балл плодородия – 28). В краткосрочных опытах (2010–2012 гг.) на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве пахотный слой характеризовался следующими показателями: рН_{KCl} – 5,6–5,9, P₂O₅ – 190–224, K₂O – 190–250 мг/кг почвы, гумус – 2,10–2,41 % (балл плодородия – 32). Навоз 50 т/га вносили под предшественник ярового рапса (сорта Янтарь и Антей) кукурузу или картофель. Общая площадь делянки – 45 м² (9,0 м × 5 м), учетная – 32 м² (8 м × 4,0 м), повторность вариантов в опытах – 4-кратная.

Закладку и проведение полевых опытов, статистическую обработку результатов исследований проводили в соответствии с методическими указаниями по закладке полевых опытов, с использованием программ дисперсионного анализа на ПК. Уборку проводили комбайном Сампо–500 в фазу полной спелости семян. Урожай учитывали поделяночно. Данные урожайности семян приводили к 9 % влажности.

В отобранных растительных образцах после мокрого озоления по методу ЦИНАО (1976) определяли на фотоколориметре содержание общего азота (индофенольным методом). Содержание сырого белка вычисляли умножением общего азота на коэффициент пересчета азота на белок – 6,25.

Масличность ярового рапса определяли на инфракрасном спектрометре «Infraneo» и по ГОСТ 10857–64, эруковую кислоту – по ГОСТ 30089–93, глюкозинолаты – по ГОСТ 9824 п. 3.5, МУ Краснодар, 1986.

Анализ почвенных образцов проводили в соответствии с общепринятыми методиками: фосфор и калий в почве – по методу Кирсанова, обменные кальций и магний – методом ЦИНАО–ГОСТ 26487–85, органическое вещество – по Тюрину в модификации ЦИНАО.

На формирование урожая сельскохозяйственных культур, наряду с питанием растений, большое влияние оказывает водный и температурный режимы почв в течение вегетационного периода растений. Как избыток, так и недостаток влаги и тепла негативно сказывается на урожае сельскохозяйственных культур. Наиболее близкими к формированию оптимального водного и теплового режимов почв являются среднемноголетние показатели осадков и тепла.

За вегетационные периоды (май–август 2010–2012 гг.) возделывания ярового рапса распределение осадков, температура воздуха и сумма температур и осадков отличались от среднемноголетних. Самым сухим оказался 2012 г., в котором осадков за период май–август выпало на 18,7 мм меньше средней многолетней величины, сумма температур за этот период только на 14,9 °С выше средней многолетней величины. В 2010 и 2011 гг. за май–август осадков выпало на 14,4 и 52,8 мм больше средней многолетней величины, сумма температур воздуха на 457,5 и 269,9 °С соответственно была выше средней величины. Гидротермический

коэффициент (условный показатель увлажнения по Селянинову) в течение вегетационных периодов растений изменялся в пределах 0,5–3,13, что позволяет сделать заключение об избытке влаги в июне и засушливом периоде в июле 2012 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На основании результатов двухлетних исследований (2010–2011 гг.) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве отмечено достоверное повышение семенной продуктивности ярового рапса при улучшении условий минерального питания. Максимальная урожайность семян ярового рапса (28,2 ц/га) получена в варианте с внесением под предпосевную культивацию N90P60K120 (табл. 1).

Таблица 1

**Влияние удобрений на урожайность и качество семян ярового рапса
Янтарь на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве,
среднее за 2010–2011 г.**

Вариант	Урожайность семян, ц/га	Масса 1000 семян, г	Сырой белок, %	Сбор сырого белка, кг/га	Масличность, %	Выход сырого жира, ц/га
Без удобрений	16,6	3,52	21,9	318	47,0	7,8
Послед. навоза, 40 т/га – фон 1	19,9	3,57	22,5	390	47,5	9,4
Фон 1 + N30	22,0	3,57	22,2	426	47,9	10,6
Фон 1 + N60	23,7	3,54	22,5	468	47,5	11,3
Фон 1 + N90	25,4	3,54	22,7	510	46,9	11,9
Фон 1 + N60P30	23,3	3,48	22,4	460	47,6	11,1
Фон 1 + N60K60	23,7	3,53	22,3	464	47,7	11,3
Фон 1+ P30K60 – фон 2	22,4	3,56	21,6	423	47,4	10,6
Фон 2 + N30	24,2	3,53	22,3	473	47,5	11,5
Фон 2 + N60	25,9	3,53	22,2	509	47,5	12,3
Фон 2 + N90	26,6	3,52	22,3	528	46,7	12,4
Фон 1+ P60K120 – фон 3	23,6	3,53	21,6	449	46,8	11,0
Фон 3 + N30	25,0	3,53	22,0	487	47,5	11,9
Фон 3 + N60	26,2	3,60	22,9	532	47,4	12,4
Фон 3 + N90	28,2	3,66	23,4	585	46,6	13,1
Фон 3 + N60+30	27,3	3,67	23,4	567	47,0	12,8
Фон 3 + N90+30	26,7	3,62	23,5	560	46,9	12,5
НСР _{0,05}	1,3	–	–	30	0,2	0,6

Минеральные удобрения оказали неоднозначное влияние на показатели качества семян ярового рапса. Крупность семян изменялась в незначительных пределах (3,48–3,67 г) и не зависела от применяемых удобрений.

Основным фактором, от которого зависит содержание сырого белка в семенах рапса, является обеспеченность растений азотом. В наших исследованиях наблюдалась тенденция повышения содержания белка в семенах рапса при применении азотных удобрений на фоне внесения фосфорных и калийных. В вариантах с использованием только фосфора и калия, без азотных туков, наблюдалась тенденция снижения содержания сырого белка. Что касается сбора

2. Плодородие почв и применение удобрений

белка с гектара, то он значительно увеличивался при внесении удобрений. Применение азотных удобрений способствовало повышению урожая семян рапса, являясь, таким образом, главным фактором, который обуславливает сбор белка с единицы площади. Внесение возрастающих доз азота (N30–N90) на фоне 1 и фоне 3 приводило к закономерному существенному повышению выхода сырого белка на 36–120 кг/га и на 38–136 кг/га соответственно по отношению к фонам. Наибольший (585 кг) сбор белка с гектара отмечался при внесении под яровой рапс N90P60K120.

В наших исследованиях масличность семян рапса в среднем за два года составила 46,6–47,9 %, при этом отмечались некоторые различия в содержании жира в зависимости от доз азота на разных фонах. На фоне последствия навоза внесение 30 кг/га д.в. азота привело к значительному повышению масличности семян рапса на 0,4 %, при внесении 60 кг/га д.в. азота содержание жира было на уровне фонового варианта (47,5 %). Повышение дозы азота до 90 кг/га д.в. приводило к достоверному снижению масличности на 0,6 %. При внесении N30 и N60 на фоне P30K60 наблюдалась тенденция повышения содержания жира в семенах рапса, в то время как внесение N90 достоверно снижало масличность до 46,7 %. Применение 30 и 60 кг/га д.в. азота на фоне P60K120 повышало масличность семян на 0,7 и 0,6 % соответственно. Разовое внесение 90 кг/га д.в. азота снижало содержание жира на 0,2 % по сравнению с фоновым вариантом, а дробное внесение той же дозы повышало масличность на 0,2 % по отношению к фоновому варианту. Внесение фосфорных и калийных удобрений в дозе P30K60 не повлияло на содержание жира в семенах рапса, в то время как применение P60K120 значительно снижало масличность на 0,7 % в сравнении с фоном 1.

Выход сырого жира в большей степени зависел от урожайности зерна ярового рапса. Значительное увеличение данного показателя (до 12,8–13,1 ц/га) наблюдалось при внесении 90 кг/га азота (дробно и разово соответственно) на фоне P60K120.

В исследованиях на дерново-подзолистой супесчаной почве урожайность семян ярового рапса Янтарь при влажности 9 % формировалась на уровне 6,4–20,8 ц/га (табл. 2). В вариантах с внесением минеральных удобрений получена прибавка урожайности семян 4,1–14,4 ц/га. Максимальная урожайность 20,0 и 20,8 ц/га формировалась при внесении полной дозы минеральных удобрений N60+30P40K80 и при применении парной комбинации N60+30P40 соответственно. При внесении половинной дозы минеральных удобрений N30+20P20K40 получена урожайность 16,4 ц/га, недобор урожайности зерна составил 3,6 ц/га по сравнению с урожайностью при внесении полной дозы минеральных удобрений.

Масса 1000 семян изменялась от 3,55 г при внесении только азотных удобрений до 4,16 г при применении полной дозы N90P40K80.

Содержание белка (один из важных показателей качества) в семенах ярового рапса изменялось в пределах 16,7–20,0 %. Максимальное накопление белка 20,0 % происходило в вариантах с максимальной урожайностью семян при внесении N60+30P40 и N60+30P40K80. При указанных системах удобрения получен и максимальный в опыте сбор сырого белка – 378 и 364 кг/га.

Несмотря на то, что максимальная масличность 41,6 и 42,1 % обнаружена в вариантах с применением N60+30P40K80 и N30+20P20K40 соответственно, максимальный в опыте сбор жира 7,6 и 7,4 ц/га характерен для вариантов с наибольшей урожайностью.

Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество семян ярового рапса Янтарь на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Урожайность семян, ц/га	Масса 1000 семян, г	Сырой белок, %	Сбор сырого белка, кг/га	Масличность, %	Сбор жира, ц/га
Без удобрений	6,4	3,75	16,7	97	40,1	2,3
N60+30	16,7	3,55	19,1	290	37,2	5,7
P40	10,5	3,87	16,9	162	38,8	3,7
N60+30K80	13,8	3,61	18,1	228	37,5	4,7
N60+30P40	20,8	3,88	20,0	378	39,1	7,4
P40K80	11,4	3,87	16,1	167	40,9	4,2
N60+30P40K80	20,0	4,16	20,0	364	41,6	7,6
N30+20P20K40	16,4	4,10	19,4	289	42,1	6,3
НСР _{0,05}	1,61	0,09	0,6	–	0,6	–

Важным и не менее ценным продуктом производства маслосемян рапса является кормовой белок (шрот и жмых). Биологическая ценность рапсового белка (86 %) значительно выше соевого (62 %). В белке рапса содержится в 2,5–3,5 раза больше незаменимых аминокислот, чем у злаковых культур [5].

Питательные качества белка определяются, прежде всего, количеством и составом незаменимых аминокислот. При недостатке или отсутствии в кормовом рационе хотя бы одной из незаменимых аминокислот эффективность использования корма снижается [4]. Белок рапса не уступает соевому по содержанию лизина и значительно превосходит его по уровню метионина и цистина.

Максимальное количество критических аминокислот (21,2 г/кг) семян накапливалось при применении системы удобрения N30+20P20K40. Максимальная сумма незаменимых аминокислот 60,0 г/кг семян характерна для варианта с применением только азотных удобрений (табл. 3).

Установлено, что в белке ярового рапса достаточно высокое содержание критических и незаменимых аминокислот. Наибольшая сумма критических аминокислот 134,8 и 133,9 мг/г белка рапса характерна для варианта без применения удобрений и при внесении P40K80 соответственно. При этой же системе удобрения отмечена и максимальная сумма (392,7 мг/г белка) незаменимых аминокислот.

Анализ данных показал, что белок ярового рапса хорошо сбалансирован по аминокислотному составу и является одним из перспективных источников обеспечения рационов животных полноценным протеином. Как и соевый, рапсовый белок близок по составу к белку яиц и коровьего молока.

Биологическая ценность критических аминокислот белка ярового рапса по сравнению с цельным яйцом (химическое число) варьировала в пределах 68,86–84,18 %, а незаменимых аминокислот – в пределах 72,81–96,40 %. По сравнению с показателями, рекомендуемыми ФАО/ВОЗ, биологическая ценность критических аминокислот (аминокислотный скор) изменялась в пределах 90,36–110,67 %, а незаменимых аминокислот – в пределах 93,83–114,26 % (табл. 4).

При изучении влияния разных форм азотных удобрений в краткосрочных полевых опытах в ГП «Экспериментальная база им. Суворова» использовали стандартные азотные удобрения (карбамид (мочевина) и сульфат аммония), которые

Таблица 3

**Влияние минеральных удобрений на содержание незаменимых аминокислот в семенах и белке ярового рапса
Янтарь на дерново-подзолистой супесчаной почве**

Вариант	г/кг семян										мг/г белка							
	Треонин*	Валин	Метионин*	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин*	Цр. ам.	Нез. ам.	Треонин*	Валин	Метионин*	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Лизин*	Цр. ам.	Нез. ам.
Без удобрений	8,8	8,5	3,2	6,6	7,0	12,5	8,9	20,9	55,5	56,5	54,8	20,7	42,7	44,8	80,9	57,7	134,8	358,0
N60+30	9,6	10,7	2,7	7,6	7,8	13,5	8,0	20,3	60,0	54,4	60,7	15,2	43,1	44,1	76,3	45,1	114,7	338,9
P40	9,5	10,2	2,5	7,2	7,3	12,7	7,8	19,8	57,1	60,5	64,7	16,2	45,6	46,4	80,8	49,5	126,1	363,7
N60+30K80	8,7	8,7	3,2	6,6	7,1	12,6	8,7	20,5	55,5	51,5	51,6	19,0	39,5	42,0	75,1	51,6	122,1	330,1
N60+30P40	9,4	10,4	2,6	7,4	7,6	13,3	8,7	20,7	59,4	51,0	56,1	14,0	40,1	40,9	72,0	46,9	111,9	320,8
P40K80	9,7	10,6	2,7	7,5	7,6	13,2	7,8	20,1	58,9	64,5	70,8	17,7	49,7	50,3	87,9	51,7	133,9	392,7
N60+ 30P40K80	8,6	8,6	3,3	6,5	7,0	12,3	8,5	20,3	54,8	46,3	46,7	17,8	35,2	37,9	66,5	45,8	109,9	296,2
N30+ 20P20K40	9,2	9,6	3,6	7,2	7,7	13,4	8,5	21,2	59,1	50,9	53,6	19,8	39,8	42,8	74,3	46,9	117,7	328,1

Примечание: 1. * – критические аминокислоты; 2. Цр. ам. – сумма критических аминокислот; 3. Σ нез. ам. – сумма незаменимых аминокислот.

Таблица 4

Биологическая ценность белка ярового рапса Янтарь

Вариант	Химическое число		Аминокислотный скор	
	критические	незаменимые	критические	незаменимые
Без удобрений	83,9	87,8	110,7	113,0
N60+30	71,9	83,1	93,8	106,4
P40	79,0	89,3	102,8	114,3
N60+30K80	76,2	81,0	100,6	104,2
N60+30P40	69,4	78,4	90,4	100,4
P40K80	84,2	96,4	109,7	123,5
N60+30P40K80	68,9	72,8	91,1	93,8
N30+20P20K40	74,3	80,8	98,4	104,2

выпускаются в Беларуси на ОАО «ГродноАзот», а также ОАО «Нафтан» завода «Полимир» (Беларусь) и ОАО «Минеральные удобрения» (Россия).

Урожайность семян ярового рапса Янтарь на дерново-подзолистой супесчаной почве формировалась на уровне 12,0–20,6 ц/га. Изучаемые минеральные удобрения оказали положительное влияние на урожайность семян рапса, которая при применении 350 кг/га д.в. NPK повысилась на 2,1–8,6 ц/га в зависимости от форм азотных удобрений. Окупаемость 1 кг минеральных удобрений (NPK) изменялась от 0,9 до 2,5 кг семян. При внесении P80K150 урожайность маслосемян увеличилась на 2,1 ц/га. Азотные удобрения увеличили урожайность семян на 2,4–6,5 ц/га при окупаемости 1 кг азота 3,8–7,2 кг семян (табл. 5).

Таблица 5

Влияние минеральных удобрений на качество семян ярового рапса на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Урожайность семян, ц/га	Масса 1000 семян, г	Сырой белок, %	Сбор сырого белка, кг/га	Масличность, %	Выход сырого жира, ц/га	Эруковая кислота, %
Без удобрений	12,0	3,46	20,9	252	44,5	5,40	0,098
P80K150 – Фон	14,1	3,44	21,3	300	45,0	6,34	0,113
Фон +N90+30 (карбамид ОАО «ГродноАзот»)	16,5	3,42	21,9	362	42,7	7,06	0,161
Фон + N90+30 (сульфат аммония ОАО «ГродноАзот»)	18,4	3,56	22,9	421	42,7	7,87	0,109
Фон + N90+30 (сульфат аммония ОАО «Нафтан»)	20,6	3,45	22,9	472	41,8	8,63	0,079
Фон + N90+30 (карбамид «Минеральные удобрения»)	17,1	3,42	22,5	386	43,2	7,40	0,103
НСР _{0,05}	1,7	0,09	1,1	38	0,5	0,5	0,02

При возделывании ярового рапса на дерново-подзолистой супесчаной почве и применении разных форм азотных удобрений отмечается положительное их влияние на качественные показатели семян. Масса 1000 семян при применении карбамида производства ОАО «ГродноАзот» и «Минеральные удобрения» Россия, сульфата аммония производства ОАО «Нафтан» изменялась в пределах ошибки опыта и достоверно увеличилась на 0,14 г при применении сульфата аммония ОАО «ГродноАзот» по сравнению с вариантом с внесением карбамида.

При применении P80K150 и N90+30P80K150 наблюдалась тенденция или достоверное увеличение содержания белка в семенах рапса. При внесении сульфата аммония производства ОАО «ГродноАзот» и «Нафтан» количество белка в семенах было одинаковым – 22,9 %, что на 1 % выше, чем при применении карбамида ОАО «ГродноАзот». Содержание белка в семенах рапса при внесении карбамида «Минеральные удобрения» (Россия) было на 0,6 % выше, чем при применении карбамида ОАО «Гродно Азот».

Ценность семян ярового рапса определяется, прежде всего, содержанием масла, которое широко используется в пищевой промышленности. Установлено, что азотные удобрения снижали масличность семян рапса на 1,8–3,2 % по отношению к фону P80K150, однако семена отвечали 1 сорту 1 класса, т.к. масличность была

2. Плодородие почв и применение удобрений

более 40 % (ГОСТ 10857–64). При применении сульфата аммония и карбамида производства ОАО «ГродноАзот» масличность семян оказалась одинаковой – 42,7 %, при применении сульфата аммония производства «Нафтан» масличность – на 0,9 % ниже.

Важным критерием оценки эффективности применения удобрений является выход белка и жира с единицы площади. Азотные удобрения увеличили сбор белка на 59–172 кг/га. Максимальный сбор белка – 472 кг с гектара получен при применении сульфата аммония производства ОАО «Нафтан». В этом же варианте обнаружен и максимальный (8,63 ц/га) выход жира. При применении азотных удобрений на фоне Р80К150 минимальное количество белка (362 кг/га) и жира (7,06 ц/га) собрано при внесении карбамида ОАО «ГродноАзот».

Исследования показали, что на содержание глюкозинолатов и эруковой кислоты применение разных форм азотных удобрений не оказало существенного влияния. Семена ярового рапса по содержанию эруковой кислоты отвечали 1 классу и 1 сорту (менее 2 %), т.к. их содержание было ниже 1 %. По содержанию глюкозинолатов семена рапса также отвечали требованиям 1 класса, их было не более 2 % (ГОСТ 9824 п.3.5.).

Для производства высокоценных пищевых растительных масел маслосемена должны обладать рядом свойств: иметь пониженное содержание насыщенных жирных кислот (особенно пальмитиновой, миристиновой и лауриновой), соответственно повышенное содержание простых ненасыщенных жирных кислот (в первую очередь олеиновой), быть богатыми витамином Е и обладать приятным (или нейтральным) вкусом. В исследованиях были определены насыщенные жирные кислоты (пальмитиновая, миристиновая, стеариновая, арахидовая, бегеновая, лигноцериновая), мононенасыщенные (олеиновая, эруковая, эйкозеновая (гондоиновая)) и полиненасыщенные (линолевая и линоленовая).

Сумма незаменимых полиненасыщенных жирных кислот изменялась в пределах 27,04–28,03 %. Максимальное количество 28,03 % полиненасыщенных кислот характерно для варианта без удобрений.

Чем меньше сумма насыщенных жирных кислот, тем масло лучше. В наших исследованиях она изменялась от 5,83 % в варианте без удобрений до 6,10 % при применении N90+30 (сульфат аммония ОАО «Нафтан») на фоне Р80К150.

Сумма мононенасыщенных жирных кислот изменялась в пределах 63,89–65,94 %. Минимальное количество мононенасыщенных жирных кислот характерно для варианта без удобрений, максимальное – при применении системы удобрения N90+30 (карбамид ОАО «Гродно азот») на фоне Р80К150 (табл. 6). При изучении эффективности новых серосодержащих фосфорных удобрений сульфаммофос 1 (марка 10–20–0–14S–14CaO), сульфаммофос 2 (марка 10–25–0–12S–12CaO) и сульфаммофос 3 (марка 10–30–0–10S–10CaO) установлено их положительное влияние на урожайность семян ярового рапса Антей при возделывании на дерново-подзолистой супесчаной почве (табл. 7). По отношению к варианту с внесением карбамида, аммофоса и хлористого калия (вар. 2) прибавка от применения сульфаммофоса 1 составила 3,9 ц/га, сульфаммофоса 2 – 5,1, сульфаммофоса 3 – 4,1 ц/га, что значительно выше НСР (2,0 ц/га). Новые удобрения оказали положительное влияние на урожайность ярового рапса и по отношению к варианту с внесением сульфата аммония, т.к. получена прибавка 2,0–3,2 ц/га. Окупаемость 1 кг минеральных удобрений (NPK) изменялась от 1,9 до 3,8 кг семян (в среднем 3,0 кг).

Таблица 6

Влияние минеральных удобрений на содержание жирных кислот в масле ярового рапса, %

Вариант	Миристиновая	Пальмитиновая	Стеариновая	Олеиновая	Линолевая	Эйкозеновая	Арахидоновая	Линоленовая	Бегеновая	Эруковая	Линоцериновая	Сумма		
												насыщенных	ненасыщенных	мононенасыщенных
Без удобрений	0,04	4,13	1,13	63,25	19,26	0,54	0,06	8,77	0,34	0,10	0,13	5,83	28,03	63,89
P80K150 – Фон	0,03	3,95	1,51	63,20	19,25	0,59	0,00	8,67	0,29	0,11	0,15	5,93	27,92	63,90
Фон + N90+30 (карбамид ОАО «ГродноАзот»)	0,04	4,00	1,06	65,13	18,67	0,65	0,00	8,46	0,34	0,16	0,20	5,64	27,13	65,94
Фон + N90+30 (сульфат аммония ОАО «ГродноАзот»)	0,04	3,90	1,43	64,54	18,82	0,66	0,00	8,53	0,33	0,08	0,16	5,86	27,35	65,28
Фон + N90+30 (сульфат аммония ОАО «Нафтан»)	0,04	3,99	1,55	65,05	18,66	0,68	0,02	8,49	0,34	0,08	0,16	6,10	27,15	65,81
Фон + N90+30 (карбамид «Минеральные удобрения»)	0,05	3,91	1,61	64,75	18,48	0,51	0,04	8,56	0,24	0,10	0,18	6,03	27,04	65,36

Таблица 7

Влияние комплексных удобрений на урожайность и качество семян ярового рапса Антей на дерново-подзолистой супесчаной почве

Вариант	Урожайность семян, ц/га	Масса 1000 семян, г	Сырой белок, %	Сбор сырого белка, кг/га	Масличность, %	Выход сырого жира, ц/га	Эруковая кислота, %
Без удобрений	15,3	3,46	21,4	314	48,9	8,9	0,60
N90+30(карбамид) K90–фон и +P50 – стандарт 1	20,2	3,70	21,8	424	46,5	12,1	0,72
N90+30(сульфат аммония) P50K90 – стандарт 2	22,1	3,70	24,0	509	45,8	14,1	0,84
Фон1+P50 (сульфоаммофос 1)	24,1	4,12	23,7	549	46,8	14,8	1,00
Фон1+ P50 (сульфоаммофос 2)	25,3	3,97	23,5	570	47,0	15,6	0,77
Фон1+ P50 (сульфоаммофос 3)	24,3	3,91	23,0	536	47,4	14,2	0,54
НСР	2,0	0,3	0,7		0,5		

Масса 1000 семян при применении сульфоаммофоса 1 достоверно увеличивалась на 0,42 г, а при применении сульфоаммофоса 2 и 3 изменялась в пределах ошибки опыта.

При применении сульфоаммофоса 1 масличность семян увеличилась на 0,5–1,0 % по отношению к стандартным удобрениям, а при применении сульфоаммофоса 2 и сульфоаммофоса 3 – на 1,2–0,2 и 1,6–0,6 % соответственно. Семена отвечали 1 сорту 1 класса, т.к. масличность была выше 40 % (ГОСТ 10857–64). По отношению к варианту с внесением карбамида, аммофоса и хлористого калия содержание белка увеличилось на 1,2–1,7 %, а по отношению к стандарту с внесением сульфата аммония наблюдалась тенденция к снижению, но ниже НСР.

Применение новых комплексных удобрений, содержащих азот, серу, фосфор и кальций оказало положительное влияние на увеличение валового сбора сырого жира на 0,1–3,5 ц/га и сырого белка на 27–146 кг/га.

На содержание глюкозинолатов и эруковой кислоты применение новых комплексных удобрений сульфоаммофос 1, сульфоаммофос 2 и сульфоаммофос 3 не оказало существенного влияния. Семена ярового рапса по содержанию эруковой кислоты отвечали 1 классу (менее 2 %), т.к. оно было ниже 1 %, а под влиянием сульфоаммофоса 3 оно снизилось на 0,18–0,30 % (до 0,54 %) (ГОСТ 30089–93). По содержанию глюкозинолатов семена рапса также отвечали требованиям 1 класса, их было не более 2 % (ГОСТ 9824 п. 3.5.).

ВЫВОДЫ

При возделывании ярового рапса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве его семенная продуктивность находилась в пределах 16,6–28,2 ц/га, достоверное ее повышение отмечалось при улучшении условий минерального питания, особенно азотного. Существенных различий в показателях массы 1000 семян и содержания белка в зависимости от системы удобрения не наблюдалось. Получение наибольшей (28,2 ц/га) урожайности семян, с содержанием сырого белка 23,4 %, масличностью – 46,6 % обеспечило внесение N90P60K120. Сбор сырого белка при данной системе удобрения составил 585 кг/га, жира – 13,1 ц/га.

В краткосрочных исследованиях с яровым рапсом на дерново-подзолистой супесчаной почве установлено, что урожайность семян варьировала от 6,4 до 25,3 ц/га и зависела от доз, соотношений и форм минеральных удобрений. По содержанию эруковой кислоты и глюкозинолатов семена ярового рапса отвечали 1 классу, т.к. их было менее 2 % (ГОСТ 30089–93, ГОСТ 9824 п. 3.5).

При изучении доз и соотношений минеральных удобрений минимальное количество сырого белка 16,7 % и его сбор 97 кг/га характерно для варианта без минеральных и органических удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве с самыми низкими агрохимическими показателями (pH_{KCl} – 5,25, P_2O_5 – 73, K_2O – 70 мг/кг почвы, гумус – 2,10 %). Одностороннее применение азотных удобрений (N60+30) приводило к снижению массы 1000 семян на 0,2 г, масличности – на 2,9 %, увеличению содержания сырого белка – на 2,4 %, сбора сырого белка – на 193 кг/га.

При повышении агрохимических показателей до pH_{KCl} – 5,50, P_2O_5 – 151, K_2O – 156 мг/кг почвы, гумус – 2,41 % и применении полного минерального удобрения (N60+30P40K80) масса 1000 семян увеличилась на 0,41 г, содержание сырого

белка – на 3,3 %, сбор сырого белка – на 267 кг/га, масличность – на 1,5 %, сбор жира – на 5,3 ц/га.

Биологическая ценность критических аминокислот белка ярового рапса по сравнению с цельным яйцом (химическое число) изменялась в пределах 68,86–84,18 %, а незаменимых аминокислот – в пределах 72,81–96,40 %. По сравнению с показателями, рекомендуемыми ФАО/ВОЗ, биологическая ценность критических аминокислот (аминокислотный скор) изменялась в пределах 90,36–110,67 %, а незаменимых аминокислот – в пределах 93,83–114,26 %.

При изучении разных форм азотных удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве установлено, что при внесении сульфата аммония производства «ГродноАзот» и «Нафтан» количество белка в семенах было одинаковым 22,9 % и на 1 % выше, чем при применении карбамида ОАО «ГродноАзот». Содержание белка в семенах рапса при внесении карбамида «Минеральные удобрения» (Россия) на 0,6 % выше, чем при применении карбамида «ГродноАзот». Азотные удобрения снижали масличность семян рапса на 1,8–3,2 % по отношению к фону Р80К150, однако семена отвечали 1 сорту 1 класса, т.к. она была более 40 % (ГОСТ 10857–64). При применении сульфата аммония и карбамида производства ОАО «ГродноАзот» масличность семян оказалась одинаковой – 42,7 %.

Сумма незаменимых полиненасыщенных (линолевая и линоленовая) жирных кислот в масле изменялась в пределах 27,04–28,03 % (максимальная 28,03 % – в варианте без удобрений).

Сумма насыщенных жирных кислот (пальмитиновая, миристиновая, стеариновая, арахиновая, бегеновая, лигноцериновая) изменялась от 5,83 % в варианте без удобрений до 6,10 % при применении N90+30 (сульфат аммония ОАО «Нафтан») на фоне Р80К150. Минимальное количество мононенасыщенных жирных кислот характерно для варианта без удобрений, максимальное – при применении системы удобрения N90+30 (карбамид ОАО «ГродноАзот») на фоне Р80К150.

Применение новых комплексных удобрений, содержащих азот, серу, фосфор и кальций, оказало положительное влияние на увеличение валового сбора сырого жира на 0,1–3,5 ц/га, сырого белка – на 27–146 кг/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровко, Л. Влияние минеральных удобрений на продуктивность и качество семян ярового рапса / Л. Боровко // Рапс: масло, белок, биодизель: мат. междунар. 23 науч.-практ. конф., Жодино, 25–27 сентября 2006 г. / под общ. ред М.А. Кадырова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2006. – С. 83–90.
2. Будько, Л.Н. Рапс: наша технология – традиции качества: практическое пособие / Л.Н. Будько, И.Н. Ровба, Н.А. Шаганов. – Минск: Равноденствие, 2008. – 120 с.
3. Вавилов, Н.И. Избранные сочинения. Генетика и селекция / Н.И. Вавилов. – М.: Колос, 1966. – 559 с.
4. Мироненко, А.В. Белки культурных и дикорастущих кормовых растений / А.В. Мироненко, В.И. Домаш, И.В. Рогульченко. – Минск: Навука і тэхніка, 1990. – 186 с.
5. Пиллюк, Я.Э. Рапс в Беларуси: биология, селекция и технология возделывания / Я.Э. Пиллюк. – Минск: Бизнесофсет, 2007. – 240 с.

6. Рапс и сурепица (Выращивание, уборка, пользование) / Д. Шпаар [и др.]; под общ. ред. Д. Шпаара. – М.: DCV АГРОДЕЛО, 2007. – 320 с.

7. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]; под ред. В.В. Лапа. – Минск.: Белорус. наука, 2007. – 390 с.

8. Удобрения и качество урожая сельскохозяйственных культур / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Технопринт, 2005. – 276 с.

9. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отрасл. регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Белорус. наука, 2005. – 460 с.

SPRING RAPESEED QUALITY IN DEPENDENCE ON FERTILIZER SYSTEM

**V.V. Lapa, N.N. Ivakhnenko, M.S. Lopukh, O.G. Kulesh,
A.A. Gracheva, S.M. Shumak, Lomonos M.M.**

Summary

Quality indices of spring rapeseed growing on Luvisol sandy loam and loamy sand soils in dependence of fertilizer systems are presented in the paper. It was established that 100 grains mass, protein and oil contents in rapeseed were not depended on soil fertility and texture. Application of different forms and doses of mineral fertilizers didn't affect the contents of glucosinolats and erucic acids. Their contents in rapeseeds were in diapason of 2 % (1th class).

Поступила 30 октября 2012 г.

УДК 631.445.2:631.83:633.16

ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО– ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ И КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ЯЧМЕНЯ

**Ю.В. Путятин, И.М. Богдевич, О.М. Таврыкина,
В.А. Довнар, Е.С. Третьяков, Д.В. Маркевич**
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Оценивая значение корневого питания в создании высокого и устойчивого урожая, необходимо знать и учитывать требования растений к условиям питания. В нашей республике большое значение придается известкованию кислых почв – одному из важнейших условий получения стабильной урожайности сельскохозяйственных культур. Изменяя условия минерального питания растений, известкование дерново-подзолистых почв влияет на качественный состав растениеводческой продукции. О.К. Кедров–Зихман считал, что при известковании улучшается химический состав растений, растет содержание хлорофилла, угле-