

УДК 633.853.483:631.894

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Лупова Екатерина Ивановна, канд. биол. наук, доцент кафедры агрономии и агротехнологий, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева».

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1.

E-mail: katya.lilu@mail.ru

Наумцева Ксения Викторовна, аспирант кафедры агрономии и агротехнологий, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева».

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1.

E-mail: ksyu.dyachuk.93@mail.ru

Виноградов Дмитрий Валерьевич, д-р. биол. наук, проф., зав. кафедрой агрономии и агротехнологий, ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева».

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1.

E-mail: vdv-rz@rambler.ru

Ключевые слова: горчица, рапс, удобрение, урожайность, масличность.

Цель исследований – повышение продуктивности масличных культур при использовании различных уровней минерального питания в почвенно-климатических условиях Рязанской области. Нечерноземная зона России благоприятна для выращивания масличных растений. Полевые исследования проводились в Рязанской области в 2015-2018 гг. на опытной агротехнологической станции Рязанского ГАТУ, почва темно-серая лесная, опыт двухфакторный. Предшественник – озимая пшеница. Посев ярового рапса, горчицы белой, горчицы сизой (фактор А) осуществляли в I декаде мая, с нормой высева всех культур 2,5 млн шт./га. Изучались варианты с различными дозами минерального питания (фактор В): контроль (без внесения удобрений), N_{60} , N_{90} , N_{120} , $P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{60}K_{60}$. Уровни $N_{120}P_{60}K_{60}$ (для рапса), $N_{90}P_{60}K_{60}$ (для горчицы сизой и горчицы белой) рассчитаны на урожайность семян 2,0 т/га, с корректировкой расчета баланса элементов питания на опытных почвах в условиях региона. В 2015 году валовой сбор маслосемян рапса и горчицы, в Рязанской области, составлял 57,7 и 9,7 тыс. тонн на площади 50,7 и 16,9 тыс. га; в 2018 году вырос и составлял 62,3 тыс. тонн. Посевная площадь, занимаемая рапсом – 50,2 тыс. га, горчицей – 17,3 тыс. га. В среднем за три года исследований, азот оказал существенное воздействие на рапс и горчицу. Максимальная урожайность маслосемян рапса (24,4 ц/га, что выше, чем в контроле, на 2,9 ц/га), горчицы белой (16,9 ц/га, что выше, чем в контроле, на 3,6 ц/га) и сизой (16,7 ц/га, что выше, чем в контроле, на 3,1 ц/га) была получена на варианте с N_{120} (в среднем за годы исследований). На основании результатов испытаний 2015-2018 гг. уровни минерального питания N_{90} , N_{120} ; $N_{90-120}P_{60}K_{60}$ можно использовать в практической деятельности агропромышленного комплекса региона.

INFLUENCE OF MINERAL NUTRITION AT DIFFERENT LEVELS ON THE YIELD OF OILSEED

E. I. Lupova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Agronomy and Agrotechnology, FSBEI HE Ryazan State Agrotechnological University Named After P. A. Kostychev.

390044, Ryazan, Kostycheva street, 1.

E-mail: katya.lilu@mail.ru

K. V. Naumtseva, Graduate Student of the Department of Agronomy and Agricultural Technologies, FSBEI HE Ryazan State Agrotechnological University Named After P. A. Kostychev.

390044, Ryazan, Kostycheva street, 1.

E-mail: ksyu.dyachuk.93@mail.ru

D. V. Vinogradov, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Agronomy and Agricultural Technologies, FSBEI HE Ryazan State Agrotechnological University Named After P. A. Kostychev.

390044, Ryazan, Kostycheva street, 1.

E-mail: vdv-rzn@mail.ru

Keywords: mustard, rape plant, fertilizer, yield, oil content.

The purpose of the research is increasing the oilseed productivity using different levels of mineral nutrition out of soil under climatic conditions of The Ryazan region. Non-chernozem area of Russia is favorable for growing oil plants. On-farm research was conducted in the Ryazan region in 2015-2018 at the experimental agrotechnological station of the Ryazan SATU, where the soil is dark gray forest, on two-factor experiment base. Its predecessor is winter wheat. Sowing of spring rapeseed, white mustard, brown mustard (factor A) was carried out in the first decade of may, with the seeding rate of all crops of 2.5 million units/ha. Variants with different dose of mineral nutrition (factor B) were studied: control (without fertilizers), N_{60} , N_{90} , N_{120} , $P_{60}K_{60}$, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$, $N_{120}P_{60}K_{60}$. The levels $N_{120}P_{60}K_{60}$ (for rapeseed), $N_{90}P_{60}K_{60}$ (for brown and white mustard) are calculated for a seed yield of 2.0 t/ha, with an adjustment to the calculation of balance of nutrients on experimental soils in the region. In 2015, the bulk yield of oilseeds of rapeseed and mustard in the Ryazan region was 57.7 and 9.7 thousand tons on an area of 50.7 and 16.9 thousand hectares; in 2018 it increased to 62.3 thousand tons. On average over three years of research, nitrogen had a significant effect on rapeseed and mustard. The maximum yield of rapeseed (24,4 kg/ha, higher than in the control, 2.9 kg/ha), mustard white (16,9 C/ha, higher than in the control and 3.6 t/ha) and brown gray (16.7 C/ha, higher than in controls, 3.1 t/ha) was obtained at the variant with the N_{120} (average for years of research). Based on the results of tests in 2015-2018, the levels of mineral nutrition N_{90} , N_{120} ; N_{90} , N_{120} ; $N_{90-120}P_{60}K_{60}$ are possible for use in the practical activities of the agro-industrial complex of the region.

Нечерноземная зона России, в которую входит и Рязанская область, благоприятна для выращивания масличных растений [1]. Благодаря биологическим особенностям все большее значение приобретают культуры семейства капустные (рапс, сурепица, горчица белая, редька масличная) [2, 3].

Яровой рапс – однолетнее растение. Корень ветвистый, сильно развитый, проникает вглубь почвы до 2 метров. Данное растение, как и многие крестоцветные культуры, нуждается в азотном питании, причем вносить азотные удобрения необходимо в определённые сроки. Недостаток минерального питания ведет к пожелтению листьев, высыханию и опаданию. Жилки листьев приобретают желтоватый либо красноватый тон. Средняя потребность в азоте для рапса составляет 120-130 кг/га, по фазам роста и развития она неодинакова. Жидкие и твердые азотные удобрения практически равнозначны, за исключением сульфата аммония, содержащего серу, на которую положительно откликается рапс. Кормят растения и твердыми удобрениями и их растворами с поливной водой. Целесообразно внесение азота осенью, при сохранении растительных остатков. В 2015 году валовой сбор маслосемян рапса, в Рязанской области, составлял 57,7 тыс. тонн (13,0% от общего по ЦФО сбора семян рапса) на площади 50,7 тыс. га. Сбор рапса в регионе в 2018 году вырос и составлял 62,3 тыс. тонн. Посевная площадь, занимаемая рапсом, составляла 50,2 тыс. га [6]. Горчица белая – эффективная сидеральная культура. Растение длинного дня, высотой до 1 метра. Благодаря основательно пробивающемуся стржевому корню растениям горчицы белой удается использовать влагу и питательные вещества из глубоких слоев почвы, а также восполнять при негативных атмосферных условиях. Для возделывания горчицы белой необходимы почвы окультуренные, со средним и повышенным содержанием гумуса, с высокой водоудерживающей способностью. Неблагоприятными почвами для горчицы белой являются почвы с повышенной кислотностью (рН – 6,2-7,0), высоким уровнем залегания грунтовых вод, с тяжелым гранулометрическим составом.

Горчица сизая – ценная масличная культура, в семенах содержится около 35-37% жирного масла, а также белок и эфирное аллиловое масло. Вегетационный период 80-115 дней. Данная культура не требовательна к почвам. Для активного роста и развития и получения высококачественных семян пригодны черноземы и каштановые почвы. Валовой сбор горчицы в Рязанской области в 2015 году составлял 9,7 тыс. тонн. На долю посевных площадей горчицы в 2015 году отводилось 16,9 тыс. га (в хозяйствах всех категорий). В 2017 году посевная площадь данной культуры снизилась до 5,7 тыс. га – уменьшилась в 3,0 раза (15,3% от площади горчицы в ЦФО). В 2018 году размеры посевных площадей увеличились и составляли 17,3 тыс. га (с урожайностью 4,9 ц/га) [6].

Масличные культуры значительно превосходят зерновые культуры по рентабельности [5]. Актуально использовать усовершенствованные, инновационные элементы выращивания масличных капустных культур.

Цель исследований – повышение продуктивности масличных культур при использовании различных уровней минерального питания в почвенно-климатических условиях Рязанской области.

Задачи исследований – изучить влияние различных уровней минерального питания на урожайность горчицы белой, горчицы сизой, рапса ярового; дать оценку качества маслосемян культур, выращенных на разных уровнях минерального питания в условиях региона.

Материалы и методы исследований. Полевые исследования проводились в 2015-2018 гг. в Рязанской области на темно-серой лесной почве опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВО Рязанского ГАТУ. Опыт двухфакторный.

Агротехника при возделывании масличных капустных культур выстроена согласно рекомендациям, принятым в регионе. Предшественник – озимая пшеница. Посев ярового рапса, горчицы белой, горчицы сизой (фактор А) осуществляли в I декаде мая, с нормой высева всех культур 2,5 млн шт./га. Изучались варианты с различными дозами минерального питания (фактор В): контроль (без внесения удобрений), N₆₀, N₉₀, N₁₂₀, P₆₀K₆₀, N₆₀P₆₀K₆₀, N₉₀P₆₀K₆₀, N₁₂₀P₆₀K₆₀. Уровни N₁₂₀P₆₀K₆₀ (для рапса), N₉₀P₆₀K₆₀ (для горчицы сизой и горчицы белой) рассчитаны на урожайность семян 2,0 т/га, с корректировкой расчета баланса элементов питания на опытных почвах в условиях региона. В проведенных исследованиях использовали аммиачную селитру, двойной суперфосфат, нитрофоску и калийную соль в пересчете на действующее вещество. Удобрения вносили под предпосевную культивацию. Уборка напрямую, селекционным комбайном Terrion-Sampo SR-2010.

Общая площадь делянки 100 м², учетная – 80 м². Повторность четырехкратная. Опыты заложены по общепринятым методикам [4]. Определение качества семян масличных культур проводили в испытательной лаборатории ГБУ РО «Рязанская областная ветеринарная лаборатория»,

в лабораториях ООО «Кубань Масло ЕМЗ» (г. Ефремов) и ФГБОУ ВО Рязанского ГАТУ.

Результаты исследований. Урожайность рапса и горчицы разных вариантов опыта зависела от почвенно-климатических условий. Наиболее точным показателем условий увлажнения считается ГТК, в первую очередь в фазы вегетации «розетка листьев» – «цветение».

Вегетационные 2016 г. и 2018 г. для развития масличных культур были удачными – в течение роста и развития рапса и горчицы наблюдалось повышенное число осадков. Это позволило максимально использовать внесенные минеральные удобрения, в особенности азотные. Вне зависимости от уровня питания рост растений рапса, горчицы сизой и белой, был правильным: наблюдали плавное увеличение высоты растений до предельных показателей в период от созревания до уборки растений (рис. 1).

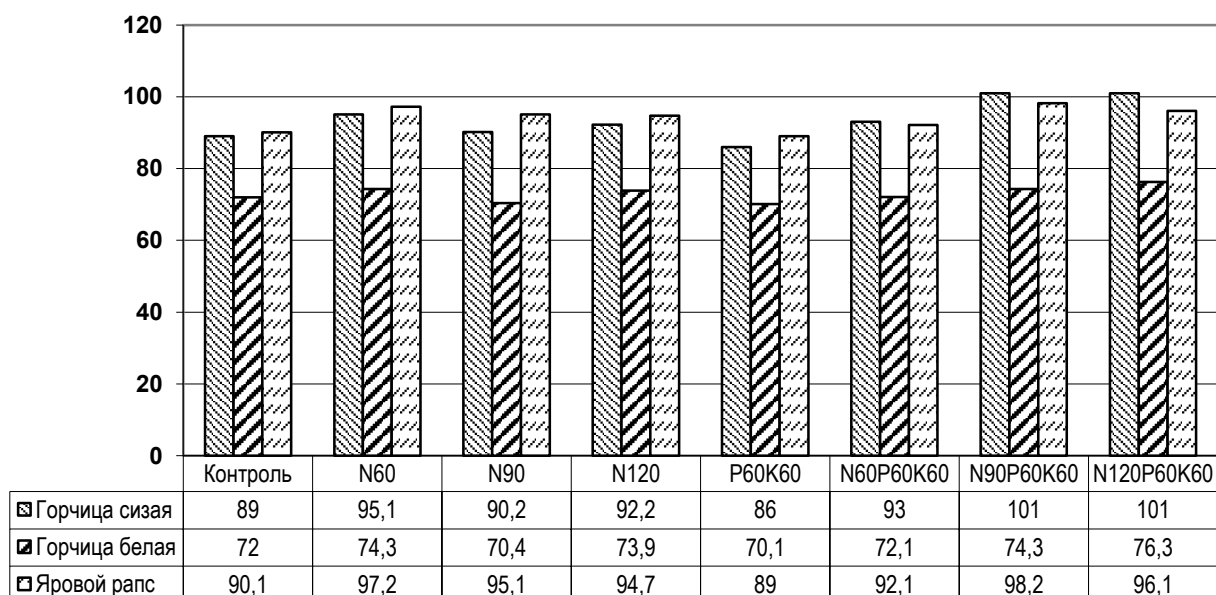


Рис. 1. Высота растений рапса и горчицы в зависимости от уровня минерального питания, см

Применение в опытах только фосфорно-калийных удобрений не оказало значимого влияния на рост масличных растений (рис. 1). Применение азотного (N_{60}) и полного ($N_{60-120}P_{60}K_{60}$) удобрений существенно повышало анализируемый показатель в первой половине вегетации масличных культур. В варианте с применением минерального питания высота растений в фазу «розетка» была больше высоты растений контрольного варианта на 18-36%, что говорит о значимости роли азотного питания в процессе роста и развития растений.

Применение в опыте различных азотных удобрений повышало рост растений: в период бутонизации на 10-18%, цветения – на 5-15%, полной спелости – на 3-17%.

Применение более значимых доз удобрений (N_{90-120}) не оказывало существенного влияния на приближение, длительность фаз вегетации растений рапса и горчицы. Прослеживалось повышение накопления сухого вещества и использования элементов питания.

Образование сухого вещества растениями капустных – рапса и горчицы – усиленно проходило в период между фазами «розетка листьев» и «цветение». В этот период происходило развитие более 50% от окончательного урожая и использовалось большая часть азота, калия (70%) и фосфора (приблизительно 60%).

При изучении различных уровней питания в посевах рапса и горчицы увеличивались показатели элементов структуры урожайности на высоких уровнях минерального питания (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность масличных капустных культур
в зависимости от уровня минерального питания, ц/га (среднее за 2015-2018 гг.)

Уровень минерального питания	Рапс яровой	Горчица белая	Горчица сизая
Контроль	21,5	13,3	13,6
N_{60}	22,6	14,4	14,3
N_{90}	23,3	16,3	15,4
N_{120}	24,4	16,9	16,7
$P_{60}K_{60}$	21,4	13,5	13,9
$N_{60}P_{60}K_{60}$	21,9	14,2	14,1
$N_{90}P_{60}K_{60}$	22,7	15,6	15,6
$N_{120}P_{60}K_{60}$	23,9	16,9	16,8

Примечание. НСР₀₅ взаимодействия АВ, ц/га: 2015 – 2,05; 2016 – 1,92; 2017 – 2,20; 2018 – 2,32;

по фактору А: 2015 – 0,73; 2016 – 0,68; 2017 – 0,78; 2018 – 0,82;

по фактору В: 2015 – 1,18; 2016 – 1,11; 2017 – 1,27; 2018 – 1,34.

Азот оказал значительное влияние на маслосемена капустных культур (табл. 1). Рапс и горчица формировались мощнее по мере повышения уровня минерального питания. Высокую урожайность показали растения рапса и горчицы на вариантах N₉₀, N₁₂₀; N₉₀₋₁₂₀P₆₀K₆₀.

Максимальная урожайность маслосемян рапса (24,4 ц/га, что выше, чем в контроле, на 2,9 ц/га), горчицы белой (16,9 ц/га, что выше, чем в контроле, на 3,6 ц/га) и сизой (16,7 ц/га, что выше, чем в контроле, на 3,1 ц/га), была получена в варианте N₁₂₀ (в среднем за годы исследований).

Наиболее масличной из изучаемых культур является яровой рапс (42-43%), культура низкой масличности (около 30%) – горчица белая (рис. 2).

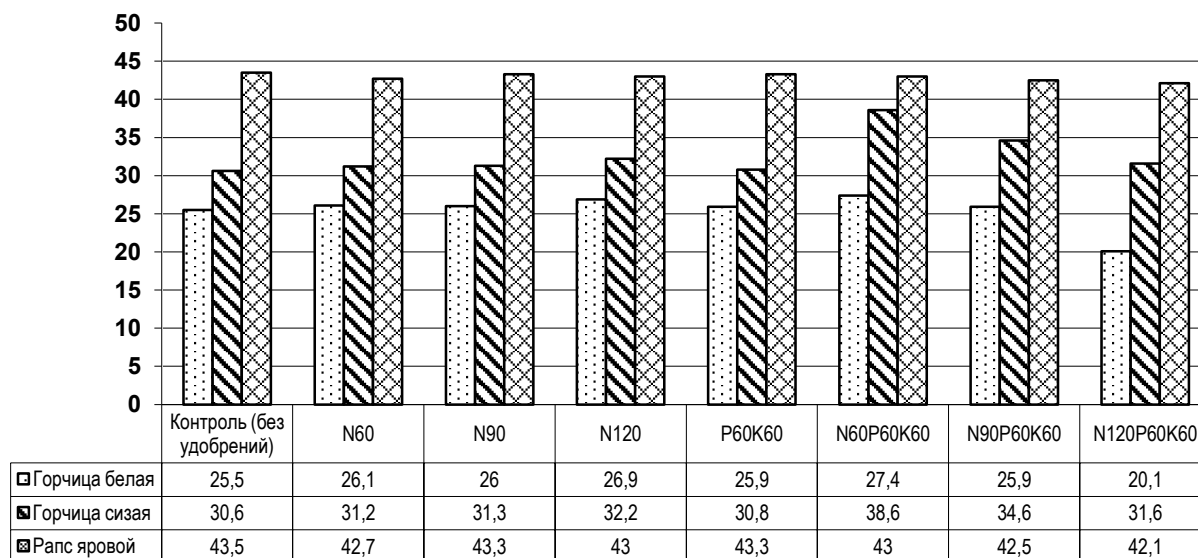


Рис. 2. Содержание масла в капустных культурах в зависимости от применения различных доз минерального питания, % (среднее за 2015-2018 гг.)

Масличность возрастает при использовании высоких норм минерального питания (на 2-8 % по сравнению с контролем), что подтверждает значительная отзывчивость на вспомогательное питание NPK (рис. 2). Выявлен оптимальный уровень минерального питания – N₆₀P₆₀K₆₀ – для повышения масличности рапса на 1,0%, горчицы белой – на 2,1%, горчицы сизой – на 8,0 % (по сравнению с контролем).

Использование минеральных удобрений обеспечило непосредственное воздействие на формирование и увеличение жира и протеина маслосемян ярового рапса (табл. 2).

Таблица 2

Качественный состав ярового рапса в зависимости от уровня минерального питания

Уровень минерального питания	Белок, %	Масличность, %	Кислоты, %					
			простые ненасыщенные жирные кислоты		многократно ненасыщенные жирные кислоты		насыщенные жирные кислоты	
			олеиновая	айкозеновая	линолевая	линоленовая	пальмитиновая	стеариновая
Контроль	22,5	43,5	58,9	следы	22,9	9,5	5,8	2,8
N ₆₀	22,9	42,7	60,5	0,1	21,4	11,5	4,3	2,0
N ₉₀	24,0	43,3	59,5	следы	22,2	10,8	5,3	2,2
N ₁₂₀	24,1	43,0	60,3	следы	21,4	10,3	5,3	2,9
P ₆₀ K ₆₀	20,6	43,3	59,5	следы	22,2	10,8	5,3	2,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	21,7	43,0	60,3	следы	21,4	10,3	5,3	2,9
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	23,5	42,5	60,7	следы	22,6	9,8	5,0	1,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀	23,1	42,1	63,0	следы	20,9	9,7	4,8	1,6

Использование удобрений (N₉₀P₆₀K₆₀ и выше) незначительно (на 0,4-1,0%) сокращает формирование жира (табл. 2).

Повышение степени уровня минерального питания способствовало получению высококачественного масла рапса. Использование минерального удобрения $N_{90-120}P_{60}K_{60}$ повышало образование олеиновой ненасыщенной кислоты (на 1,8-4,1% по сравнению с контролем), незначительное увеличение линоленовой кислоты (на 0,1-0,2 % по сравнению с контролем).

Использование удобрений ($N_{90}P_{60}K_{60}$ и выше) повлияло на качество масла горчицы. Прослеживалось высокое содержание эруковой кислоты (35,6-36,6%), ненасыщенной олеиновой кислоты содержалось в среднем 26%; стеариновой и пальмитиновой кислот в сумме – около 4%; линолевой – 8,8-9,0%; линоленовой – 11,6-12,2%.

Внедрение новых методов производства находится в прямой зависимости с экономическими показателями, такими как условно-чистый доход и рентабельность производства, валовой сбор продукции и др. Расчеты экономической эффективности показали, что использование вариантов с N_{60} , N_{90} , N_{120} для увеличения урожайности рапса и горчицы, с незначительными затратами, экономически выгодно. Уровень рентабельности производства изучаемых вариантов составил 32-54 %.

Заключение. В среднем, за три года исследований, азот оказал существенное воздействие на рапс и горчицу белую. Высокую урожайность ярового рапса и горчицы сизой и белой сформировали варианты N_{90} , N_{120} ; $N_{90-120}P_{60}K_{60}$. Максимальная урожайность маслосемян рапса (24,4 ц/га, что выше, чем в контроле, на 2,9 ц/га), горчицы белой (16,9 ц/га, что выше, чем в контроле, на 3,6 ц/га) и сизой (16,7 ц/га, что выше, чем в контроле, на 3,1 ц/га), была получена в варианте N_{120} (в среднем за годы исследований). Масличность при использовании высоких норм минерального питания возрастает (на 2-8 % по сравнению с контролем), что подтверждает значительную отзывчивость на вспомогательное питание NPK. Повышение степени уровня минерального питания способствовало получению высококачественного масла рапса. Итак, использование минерального удобрения $N_{90-120}P_{60}K_{60}$ повышало образование олеиновой ненасыщенной кислоты (на 1,8-4,1 % по сравнению с контролем), незначительно – линоленовой кислоты (на 0,1-0,2 % по сравнению с контролем). Использование удобрений ($N_{90}P_{60}K_{60}$ и выше) повлияло на качество масла горчицы. Наблюдалось высокое содержание эруковой кислоты (35,6-36,6%). Выявлена высокая экономическая эффективность использования различных уровней азотного питания (N_{60} , N_{90} , N_{120}).

На основании результатов испытаний 2015-2018 года уровни минерального питания (N_{90} , N_{120} ; $N_{90-120}P_{60}K_{60}$) можно использовать в практической деятельности агропромышленного комплекса региона для увеличения урожая маслосемян капустных культур, рапса и горчицы, и получения высококачественной продукции в почвенно-климатических условиях Рязанской области.

Библиографический список

1. Виноградов, Д. В. Урожайность горчицы белой при использовании современных жидких удобрений в Нечерноземной зоне России / Д. В. Виноградов, К. В. Наумцева, Е. И. Лупова [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева. – 2019. – №4. – С. 132-136.
2. Казакевич, Л. А. Рациональное использование земельных ресурсов сельскохозяйственными организациями / Л. А. Казакевич // Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК : сборник научных статей X Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 435-438.
3. Воловик, В. Т. Масличные капустные культуры в растениеводстве Центрального экономического района / В. Т. Воловик, А. С. Шапов, Ю. К. Новоселов [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – №. 2.– С. 33-35.
4. Методика проведения полевых и агротехнических опытов с масличными культурами / Под ред. В. М. Лукомца. – Краснодар : ВНИИМК, 2007. – 113 с.
5. Vinogradov, D. V. Features of using modern multicomponent liquid fertilizers in white mustard agrocoenosis / D. V. Vinogradov, E. A. Vysotskaya, K. V. Naumtseva // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 422(2020) 012014. – DOI:10.1088/1755-1315/422/1/012014.
6. Производство продукции растениеводства в Рязанской области [Электронный ресурс] // Правительство Рязанской области. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Рязанской области [сайт]. – Режим доступа: <https://www.ryazagro.ru/spheres/share/> (дата обращения: 12.06.2020).

References

1. Vinogradov, D. V., Naumtseva, K. V., Lupova, E. I., Sokolov, A. A., & Antoshina, O. A. (2019). Urozhainost gorchici beloi pri ispolizovanii sovremennikh zhidkikh udobrenii v Nechernozemnoi zone Rossii [White mustard yield when using modern liquid fertilizers in the non-Chernozem zone of Russia]. *Vestnik Riazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva – Herald of Ryazan State Agrotechnological University Named after P. A. Kostycheva*, 4, 132-136 [in Russian].
2. Kazakevich, L. A. (2018). Racionalinoe ispolizovanie zemelinykh resursov seliskohoziaistvennymi organizatsiyami [Rational use of land resources by agricultural organizations]. Formation of organizational and economic conditions for the efficacy of agro-industrial complex '18: *sbornik nauchnykh statei X Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii – collection of scientific articles X International scientific and practical conference*. (pp. 435-438) [in Russian].
3. Volovik, V. T., Shpakov, A. S., Novoselov, Yu. K., & Prologova T. V. (2018). Maslichnie kapustnie kulturi v rastenievodstve centralinogo ekonomicheskogo raiona [Oilseed cabbage crops in plant science of the Central economic district]. *Dostizheniia nauki i tekhniki APK – Achievements of Science and Technology of AICis*, 2, 33-35 [in Russian].
4. Lukomets, V. M. (Eds.) (2007). Metodika provedeniia polevykh i agrotekhnicheskikh opitov s maslichnymi kulturami [Field and agricultural Methods for experiments with oilseeds]. Krasnodar: all-Russian research Institute of oilseeds [in Russian].
5. Vinogradov, D. V., Vysotskaya, E. A., Naumtseva, K. V., & Lupova, E. I. (2020). Features of using modern multicomponent liquid fertilizers in white mustard agrocoenosis. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 422, 012014. – DOI: 10.1088/1755-1315/422/1/012014.
6. Proizvodstvo produktsii rastenievodstva v Riazanskoj oblasti [Crop production in the Ryazan region]. ryazagro.ru/. Retrieved from: <https://www.ryazagro.ru/spheres/share/> [in Russian].