

## Общее земледелие, растениеводство

Научная статья

УДК 633.85 + 633.11”324”631.5

DOI: 10.25230/2412-608X-2024-1-197-45-62

# Урожайность масличных культур и пшеницы озимой в зависимости от содержания в чернозёме выщелоченном подвижных форм азота, фосфора и калия в стационарном полевом опыте ВНИИМК

Николай Михайлович Тишков

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК,

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17

Тел.: (861) 254-13-59

agrohim@vniimk.ru

**Аннотация.** В звеньях зернопропашного севооборота подсолнечник – пшеница озимая, клещевина – пшеница озимая, соя – пшеница озимая стационарного полевого опыта в 1981–1989 гг. на фоне заделки в почву растительных остатков возделываемых культур и внесения минеральных удобрений проведены наблюдения за содержанием весной нитратного азота, подвижного фосфора, степени подвижности фосфатов, обменного калия в слое 0–60 см чернозёма выщелоченного. Выявлено, что от внесения растительных остатков и минеральных удобрений в почву возрастало в сравнении с контролем содержание нитратного азота на 0,1–9,0 мг/кг, подвижного фосфора – на 3,7–21,9 мг/100 г в зависимости от культуры. В почву поступало в среднем по вариантам опыта 7,3 т/га надземных растительных остатков подсолнечника, 5,7 т/га клещевины, 3,7 т/га сои, 6,5 т/га пшеницы озимой по подсолнечнику, 7,9–8,0 т/га – по клещевине и сое. С растительными остатками после их минерализации в почву возвращается 42–57 кг/га азота, 13–26 кг/га фосфора, 30–208 кг/га калия. Установлена зависимость урожайности подсолнечника, клещевины, сои и озимой пшеницы по масличным предшественникам от содержания весной в чернозёме выщелоченном нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, от степени подвижности фосфатов, и рассчитаны уравнения регрессии. Показаны оптимальное содержание в чернозёме выщелоченном весной для подсолнечника, клещевины, сои,

пшеницы озимой нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, степени подвижности фосфатов, выше которых применение удобрений под указанные культуры неэффективно. Подсолнечник, клещевина, соя, как предшественники пшеницы озимой, оказывают различное действие на зависимость урожайности пшеницы озимой от содержания весной в чернозёме выщелоченном нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия.

**Ключевые слова:** чернозём выщелоченный, подсолнечник, соя, клещевина, пшеница озимая, урожайность, подвижные формы азота, фосфора, калия

**Для цитирования:** Тишков Н.М. Урожайность масличных культур и пшеницы озимой в зависимости от содержания в чернозёме выщелоченном подвижных форм азота, фосфора и калия в стационарном полевом опыте ВНИИМК // Масличные культуры. 2024. Вып. 1 (197). С. 45–62.

UDC 633.85 + 633.11”324”631.5

**Yield of oil crops and winter wheat depending on the contents of mobile nitrogen, phosphorous, and potassium in leached black soil in a stationary field experiment of V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops**

**Tishkov N.M.**, chief researcher, doctor of agriculture

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

Tel.: (861) 255-59-33

vniimk@vniimk.ru

**Abstract.** In grain-row crop rotation, sunflower – winter wheat, castor plant – winter wheat, soybean – winter wheat in stationary field experiment in 1981–1989, we studied contents of nitrate nitrogen, mobile phosphorus, and exchangeable potassium, the degree of phosphate mobility in 0–60 cm layer of leached black soil in the spring after incorporating plant residues of cultivated crops into the soil and applying mineral fertilizers. It was revealed that the application of plant residues and mineral fertilizers in the soil increased the contents of nitrate nitrogen by 0.1–9.0 mg/kg, mobile phosphorus – by 3.7–21.9 mg/100 g, in comparison with the control, depending on culture. On average, according to the experimental variants, the soil received 7.3 t/ha of above-ground plant residues of sunflower, 5.7 t/ha of castor plants, 3.7 t/ha of soybeans, 6.5 t/ha of winter wheat after sunflower, 7.9–8.0 t/ha – after castor plants and soybeans. With plant residues after their mineralization, 42–57 kg/ha of nitrogen, 13–26 kg/ha of phosphorus, and 30–208 kg/ha of potassium are returned to the soil. The dependence of the yield of sunflower, castor plant, soybean, and winter wheat after oil preceding crops on the contents of nitrate nitrogen, mobile phosphorus, and exchangeable

potassium, the degree of phosphate mobility in spring in leached black soil has been established, and regression equations have been calculated. The optimal contents of nitrate nitrogen, mobile phosphorus, and exchangeable potassium, the degree of phosphate mobility in leached black soil in spring for sunflower, castor plants, soybeans, and winter wheat are shown, above which the use of fertilizers for these crops is ineffective. Sunflower, castor plants, and soybeans, as predecessors of winter wheat, have different effects on the dependence of the yield of winter wheat on the content of nitrate nitrogen, mobile phosphorus, and exchangeable potassium in the leached black soil in the spring.

**Key words:** leached black soil, sunflower, soybean, castor plant, winter wheat, yield, mobile forms of nitrogen, potassium, phosphorus

**Введение.** Повышение эффективности сельскохозяйственного производства невозможно без комплексного решения вопросов разработки и внедрения адаптивных биологизированных ресурсо-экономичных и природоохранных технологий управления продукционным средоулучшающим потенциалом агроэкосистем. Это позволит обеспечить воспроизводство плодородия почв, формирование высокопродуктивных агроценозов и агроэкосистем и получение в конкретных условиях возделывания экономически обоснованных урожаев с заданными показателями качества продукции.

При использовании технологий возделывания основных полевых культур, включающих внесение высоких норм минеральных удобрений в сочетании с пестицидами для защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, обеспечивается высокая продуктивность агроценозов и агроэкосистем, но при нарушении агротребований к их применению они могут оказывать неблагоприятное воздействие на почву. В зернопропашных севооборотах с минимальной биологизацией только за счёт стерневых и корневых остатков растений интенсивное использование чернозёма выщелоченного приводит к снижению содержания гумуса, подкислению и ухудшению физико-химических и агрофизических показателей почвы.

Целью исследований в длительном стационарном полевом опыте лаборатории агрохимии ВНИИМК было научно обосновать закономерности изменения агрохимических показателей плодородия чернозёма выщелоченного и разработать эффективные приёмы, обеспечивающие сохранение почвенного плодородия, формирование высокой продуктивности возделываемых растений в зернопропашном севообороте с масличными культурами: подсолнечник – пшеница озимая – клеверина – пшеница озимая – соя – пшеница озимая.

В задачи исследований входило:

- выявить закономерности изменения агрохимических показателей плодородия чернозёма выщелоченного в зависимости от норм и состава удобрения, количества поступающих в почву послеуборочных надземных растительных остатков подсолнечника, сои, клеверины и пшеницы озимой после этих масличных предшественников;

- установить зависимость урожайности масличных культур и пшеницы озимой в звеньях севооборота: подсолнечник – пшеница озимая, клеверина – пшеница озимая, соя – пшеница озимая от агрохимических показателей чернозёма выщелоченного.

Устойчивость и продуктивность сельскохозяйственного производства во многом определяются сохранением и воспроизводством почвенного плодородия, одним из важнейших показателей которого является содержание органического вещества (гумуса). Основными источниками первичного органического вещества для образования гумуса являются поступающие в почву растительные остатки, отмирающие микроорганизмы, почвенная фауна, органические удобрения и т. д. [1]. Скорость превращения первичного органического вещества в гумус зависит от наличия минеральных элементов, влажности, температуры, условий аэрации, биологической активности и физико-химических свойств почвы, количества поступающих в почву

пожнивных и корневых остатков, которое зависит от вида растений и величины урожая [2; 3; 4].

Гумус почвы является сложным комплексом органических соединений, а плодородие почвы определяется в основном содержанием в ней гумусовых веществ [5]. Функции органических соединений в почве разнообразны. Устойчивые запасы гумуса в почве обусловлены гуминовыми кислотами и гумином. Поэтому для накопления гумуса необходимы не только внесение в почву органических веществ, но и создание условий, обеспечивающих возможно полную гумификацию растительных остатков, органических удобрений и других материалов [6].

Роль различных культур в накоплении гумуса определяется их соотношением в севообороте и количеством поступающих в почву растительных остатков. По оценке С.А. Воробьева [7], количество поступающих в почву растительных остатков всех полевых культур, кроме многолетних трав, без дополнительного внесения органических удобрений недостаточно для возмещения потерь гумуса при его минерализации в процессе формирования урожая. По данным А.М. Лыкова [4], культуры сплошного сева более положительно влияют на процесс гумусонакопления в почве, чем пропашные, как из-за большего количества растительных остатков, так и вследствие менее интенсивной обработки почвы. Под пропашными культурами наблюдается преобладание процессов минерализации над синтезом органического вещества.

Исследования Л.И. Александровой [1], И.М. Шапошниковой, А.А. Новикова [8], В.К. Бугаевского и др. [9], И.Т. Трубилина, Н.Г. Малюги и др. [10] показывают, что в пахотных почвах основным источником поступления органического вещества являются растительные остатки, количество которых зависит от почвенно-климатических условий, вида выращиваемых культур, типов севооборотов, уровня урожаев и агротехники. Анализ результатов много-

летних стационарных опытов В.Г. Минеевым [11] показывает, что применение одних минеральных удобрений в большинстве случаев приводит к снижению содержания гумуса в почве и в лучшем случае стабилизирует его на определённом уровне вследствие запашки большого количества растительных остатков и снижения темпов расхода гумуса почвы. Ежегодное восполнение гумуса за счёт корневых и пожнивных остатков составляет для зерновых культур 0,4–0,6 т/га, пропашных – 0,2–0,3 и многолетних трав – 0,5–1,0 т/га. Автор подчёркивает, что при поступлении в большом количестве растительные остатки являются не только источником повышения запасов гумуса, но и важнейшим условием стабилизации его содержания на близком к оптимальному уровню и источником питательных веществ для растений.

В.В. Ефремов, И.А. Губанкова [12] считают, что создание оптимального уровня азотного питания растений базируется на бездефицитном балансе гумуса и внесении азотных удобрений. При внесении азотных удобрений важное значение имеет оценка размеров иммобилизации азота и его роли в восполнении минерализационных потерь органического вещества почвы. Обобщение В.Г. Минеевым и др. [13] результатов исследований в 26 стационарных опытах ВИУА показало, что продолжительное применение удобрений обогащает почву подвижным легко мобилизуемым и доступным растениям азотом, сопровождается фиксацией азота в виде аммония почвенными коллоидами, что значительно уменьшает его доступность растениям.

По мнению Н.Ф. Коробского [14], получение объективных данных по обеспеченности почв азотом затруднено вследствие того, что содержание в почве аммонийной и особенно нитратной формы изменяется в значительных размерах за короткий (15–20 дней) промежуток времени. По данным Н.Г. Малюги [15], А.Г. Солдатенко, В.М. Кильдюшкина

[16], на чернозёмах обыкновенных и выщелоченных содержание нитратов очень динамично как во времени, так и по глубине почвенного профиля. Нитратный азот мигрирует в осенне-зимний период с осадками в глубокие слои почвы, но не аккумулируется там, а с восходящим током воды перемещается в корнеобитаемый слой и используется растениями. Исследования Р.Ф. Буякиной [17] показали, что аммонийный азот удобрений в основном закрепляется в пахотном слое чернозёма выщелоченного, в то время как нитратный азот под действием осадков перемещается в нижние горизонты почвы. Исследованиями автора с  $^{15}\text{N}$  установлено, что при внесении азотных удобрений происходит обмен между азотом удобрений и азотом почвы, в результате чего использование растениями азота почвы увеличивается, а значительная часть азота удобрений (до 56 %) закрепляется в органической форме.

Ю.И. Касицкий [18], О.В. Сдобникова [19] считают, что одной из важнейших задач современного земледелия является создание в почвах оптимального фосфатного уровня, обеспечивающего формирование высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. О.В. Сдобниковой [19] установлено, что при применении фосфорных удобрений в дозах, превышающих вынос фосфора урожаями, происходит накопление остаточных фосфатов в почве, в результате чего возрастает содержание подвижных форм фосфора в почве и степень его подвижности. При этом интенсивность накопления подвижного фосфора определяется фиксирующей способностью почв в отношении фосфора, дозами удобрений и продолжительностью их внесения. По данным В.В. Ефремова, И.А. Губанковой [12], эффективность применения фосфорных удобрений снижается с увеличением содержания подвижного фосфора в почве.

При систематическом длительном внесении удобрений почвенные фосфаты в

значительной мере представлены «остатками» удобрений, которые способствуют увеличению запаса подвижных фосфатов. Остаточные фосфаты удобрений характеризуются неодинаковой подвижностью [13; 20]. Систематическое внесение фосфорных удобрений ведет к увеличению содержания подвижного фосфора в почве и достижению такого уровня, когда внесение фосфорных удобрений неэффективно. Такой уровень считается оптимальным.

По данным П.А. Бузинова, В.П. Суетова [21], А.В. Петербургского, В.И. Никитишена и др. [22], фосфор обладает незначительной подвижностью и практически не вымывается из корнеобитаемого слоя почвы. Однако результаты длительных полевых опытов показывают, что со временем часть фосфора всё же проникает в более глубокие горизонты почвы [23; 24; 25; 26]. Объясняют это явление большей миграционной способностью фосфатов, входящих в состав фульвокислот, и передвижением органоминеральных и комплексных соединений фосфора, ролью корневых систем в перераспределении фосфатов в профиле длительно удобряемой почвы.

К.Л. Загорча, Д.М. Индоуту и др. [27] показали, что длительным внесением удобрений в севооборотах можно повысить содержание подвижных фосфатов в черноземе карбонатном, которые долгое время сохраняются в доступных растениям формах и обуславливают высокое и длительное последствие фосфорных удобрений. Авторами установлено, что культуры севооборота максимальную урожайность формируют при оптимальном уровне обеспеченности подвижными фосфатами (в вытяжке по методу Б.П. Мачигина), который чётко дифференцируется в зависимости от биологических особенностей культур и составил для озимой пшеницы 3,0–3,5 мг/100 г почвы, кукурузы – 2,5–3,0 и подсолнечника – 2,7–3,3 мг/100 г почвы. Во влажные годы этот уровень на 0,3–0,6 мг/100 г выше, чем в

засушливые. Также было выявлено, что повышение уровня содержания подвижных фосфатов выше оптимальных значений за счёт применения высоких норм фосфорных удобрений было неэффективным и даже приводило к депрессии урожайности культур при содержании подвижного фосфора свыше 4,5 мг/100 г почвы для подсолнечника и 5,0 мг/100 г – для пшеницы озимой.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в третьей ротации зернопропашного севооборота в звеньях подсолнечник – пшеница озимая, клещевина – пшеница озимая, соя – пшеница озимая. Удобрения вносили в соответствии со схемой опыта осенью под основную обработку почвы. Из удобрений использовали аммиачную селитру, двойной гранулированный суперфосфат и калийную соль. Повторность 4-кратная, посевная площадь делянки 336,0 м<sup>2</sup>, учётная – 168,0 м<sup>2</sup> (пшеница озимая) и 224,0 м<sup>2</sup> (пропашные культуры севооборота).

Объектами исследований были чернозём выщелоченный и растения подсолнечника, клещевины, сои и пшеницы озимой. Для определения агрохимических показателей почвы отбирали почвенные образцы дважды: весной при возобновлении вегетации пшеницы озимой и по всходам масличных культур и после уборки урожая культур на глубину 0–60 см послойно через 20 см. Объединённые пробы почвы составляли из шести единичных проб с каждой делянки. В почвенных образцах с естественной влажностью определяли содержание нитратного азота по методу Грандваль-Ляжу, аммонийного азота – с реактивом Несслера, в сухих образцах – содержание гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова, подвижного фосфора в вытяжке по методу Ф.В. Чирикова, обменного калия в вытяжке по методу А.Л. Масловой, степень подвижности фосфатов в 0,03 н. вытяжке сернокислого калия по методу Н.П. Карпинского и В.Б. Замятиной [28]. Для определения су-

хой надземной вегетативной массы, содержания и выноса элементов питания перед уборкой урожая отбирали с каждой делянки опыта растительные образцы подсолнечника, клещевины, сои и пшеницы озимой в соответствии с методическими указаниями [29]. В растительных образцах, после мокрого озоления материала по методу Къельдаля, определяли содержание азота с реактивом Несслера, фосфора – по методу Дениже в модификации Труога-Мейера, калия – пламенно-фотометрически [30].

В третьей ротации севооборота (1981–1989 гг.) агротехника в стационарном полевом опыте была следующая. Все надземные растительные остатки подсолнечника (сорт Юбилейный 60), клещевины (сорт ВНИИМК 165), сои (сорт Пламя) и пшеницы озимой (сорт Прикубанская) после уборки урожая оставляли в поле, измельчали и заделывали в почву чередованием поверхностной обработки под пшеницу озимую тяжёлыми дисковыми боронами БДТ-3 в два-три следа в слой 0–10 см и в системе основной обработки почвы (улучшенная зябь) под масличные культуры в слой 0–20 см. Удобрения вносили под пшеницу озимую после первой дисковой обработки почвы, под подсолнечник, клещевину и сою – перед зяблевой вспашкой в октябре. Перед посевом пшеницы озимой проводили культивацию с боронованием на глубину 5–6 см. Посев осуществляли зерновыми сеялками с нормой высева 5,0–6,2 млн всхожих семян на 1 гектар, с глубиной заделки 4–5 см в середине октября. Система основной обработки почвы под масличные культуры по предшественнику пшеница озимая включала двухкратное дисковое лушение и зяблевую вспашку в октябре на глубину 22–25 см. Весной, при достижении почвой физической спелости, проводили раннюю выравнивающую культивацию зяби на глубину 8–10 см, после массового отрастания сорняков – предпосевную культивацию с одновременным внесением гербицида Трефлан

(1,5 л/га) на глубину 6–8 см. Посев подсолнечника, клещевины, сои осуществляли пневматическими сеялками СПЧ-6 широкорядным способом с междурядьями 70 см на глубину 6–8 см в оптимальные для масличных культур сроки. В период вегетации масличных культур проводили одну или две культивации междурядий. Густота стояния растений соблюдалась на оптимальном для культур уровне: подсолнечника – 40–50 тыс. шт/га, клещевины – 50–60, сои – 250–300 тыс. шт/га, пшеницы озимой – 5,5–6,5 млн шт/га.

**Результаты и обсуждение.** В третьей ротации севооборота наблюдения, на фоне заделки в почву растительных остатков, за содержанием в чернозёме выщелоченном нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, степенью подвижности фосфатов, показали, что их количество зависит как от нормы и состава вносимых удобрений, так и от возделываемых культур [31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 38].

В горизонте 0–60 см содержание нитратного азота весной максимальным было в почве под клещевинной (22,4–30,2 мг/кг), уменьшалось до 17,4–26,4 мг/кг под соей и до 12,0–19,2 мг/кг под подсолнечником, а минимальным (5,1–6,5 мг/кг) – под пшеницей озимой по сое. В сравнении с контролем от внесения удобрений содержание нитратного азота возрастало в почве под клещевинной на 6,1–7,8 мг/кг, под соей – на 4,6–9,0, под подсолнечником – на 1,7–7,2, под пшеницей озимой по подсолнечнику – на 3,7–5,5, по клещевине – на 0,9–4,4 и по сое – на 0,1–1,4 мг/кг.

По сравнению с контролем при внесении удобрений содержание подвижного фосфора в слое 0–20 см возрастало в почве под подсолнечником на 3,7–6,9 мг/100 г, под клещевинной – на 4,8–6,7, под соей – на 11,7–19,7, под пшеницей озимой по подсолнечнику – на 3,7–7,1, по клещевине – на 7,7–18,5 и по сое – на 16,6–21,9 мг/100 г. При внесении удобрений наблюдается, относительно контроля, увеличение доли содержания подвижного фосфора в слое

0–20 см (на 4,1–5,2 %) и уменьшение в горизонтах 21–40 (на 1,3–1,5 %) и 41–60 см (на 2,7–4,5 % от суммы подвижного фосфора в слое 0–60 см). Большое влияние на перераспределение подвижного фосфора по почвенному профилю 0–60 см оказывают и культуры севооборота. В слое 21–40 см доля содержания подвижного фосфора в почве под изучаемыми культурами была близкой – 31,9–32,6 %. В слое же 0–20 см доля содержания подвижного фосфора увеличивалась в почве от подсолнечника и клещевины (41,8–42,0 %) к сое (46,9 %), а от пшеницы озимой по подсолнечнику (40,6 %) к пшенице озимой по клещевине (44,9 %) и по сое (52,4 %).

Таким образом, перераспределение содержания подвижного фосфора по горизонтам изучаемого профиля чернозёма выщелоченного (0–60 см) происходит за счёт внесения удобрений, растительных остатков и действия корневых систем выращиваемых культур, поглощающих фосфор и накапливающих элемент в корневых и растительных остатках преимущественно в пахотном слое почвы. Более чётко выражен процесс перераспределения подвижного фосфора по горизонтам почвы в звене севооборота соя – пшеница озимая.

Содержание подвижного фосфора в почве – один из основных показателей плодородия, в значительной мере определяющий уровень урожайности возделываемых культур. Однако высокая обеспеченность почвы фосфором зависит не только от количества его доступных растениям форм (фактор ёмкости), но и от степени подвижности фосфатов, характеризующей способность фосфатов почвы переходить в раствор водной или слабосолевой вытяжек (фактор интенсивности). Применение удобрений в севообороте оказывает существенное влияние на степень подвижности фосфатов в почве. Выявлено, что чем выше доза фосфора в удобрении, тем сильнее повышалась степень подвижности фосфатов в

почве. Наибольшее увеличение степени подвижности фосфатов происходит в слое 0–20 см, несколько меньшее – в слое 21–40 см, и мало изменялся указанный показатель в слое 41–60 см. Степень подвижности фосфатов в чернозёме выщелоченном колебалась не только от действия применяемых удобрений, но и от возделываемых в севообороте культур. Так, в слое почвы 0–20 см степень подвижности фосфатов в почве в среднем составляла под подсолнечником и пшеницей озимой по подсолнечнику по 0,08 мг/л, возрастала под клещевинной до 0,12 мг/л, под соей – до 0,23 мг/л, пшеницей озимой по сое и клещевине – до 0,32–0,34 мг/л.

На основании полученных экспериментальных данных установлена тесная положительная линейная зависимость между содержанием подвижного фосфора в вытяжке по методу Ф.В. Чирикова ( $x$ , мг/100 г почвы) и степенью подвижности фосфатов в 0,03 н. вытяжке сернокислого калия по методу Н.П. Карпинского и В.П. Замятиной ( $y$ , мг/л) в чернозёме выщелоченном в диапазоне полученных в опытах показателей:

- для слоя 0–20 см:  $y = 0,019x - 0,34$   
( $r = 0,86$ ,  $R^2 = 0,74$ );

- для слоя 21–40 см:  $y = 0,013x - 0,17$   
( $r = 0,76$ ,  $R^2 = 0,58$ );

- для слоя 0–40 см:  $y = 0,018x - 0,29$   
( $r = 0,87$ ,  $R^2 = 0,76$ ).

Таким образом, вносимый с удобрениями и высвобождающийся при минерализации корневых и растительных остатков фосфор способствует не только повышению в слое 0–40 см чернозема выщелоченного содержания подвижного фосфора, но и увеличению степени подвижности фосфатов, что положительно влияло на формирование урожая масличных культур и озимой пшеницы.

Максимальное содержание обменного калия выявлено в слое почвы 0–20 см под клещевинной – 29,8 мг/100 г, что на 4,6–10,8 % больше, чем под подсолнечником и соей. Под пшеницей озимой по подсол-

нечнику в этом слое почвы отмечено самое низкое содержание обменного калия – 26,9 мг/100 г. Это соответственно на 3,6 и 4,9 % меньше, чем под пшеницей озимой по клещевине и по сое. В слое 21–40 см близким было содержание обменного калия в почве под подсолнечником и пшеницей озимой по подсолнечнику и по клещевине – 24,3–24,7 мг/100 г, а также под соей и пшеницей озимой по сое – 26,2–26,8 мг/100 г. В почве под клещевинной в этом слое содержалось 28,0 мг/100 г обменного калия, или на 4,5–15,2 % больше по сравнению с другими культурами севооборота.

Таким образом, самое высокое содержание обменного калия в чернозёме выщелоченном отмечено в почве под клещевинной, уменьшалось под соей и достигало минимальных значений под подсолнечником. В почве под пшеницей озимой наиболее благоприятный калийный режим складывался по сое, несколько хуже – по клещевине и наименее благоприятный – по подсолнечнику, где даже при внесении в среднем ежегодно в севообороте  $K_{69}$ , с учётом минерализации корневых и растительных остатков, содержание обменного калия в горизонте 21–60 см составляло 23,4–25,2 мг/100 г почвы.

В наших опытах отчуждалась только основная продукция (семена масличных культур, зерно пшеницы озимой), а вся надземная вегетативная масса растений подсолнечника, клещевины, сои и пшеницы озимой оставалась в поле, измельчалась и заделывалась в почву. По полученным экспериментальным данным рассчитаны коэффициенты выхода надземных растительных остатков по отношению к урожаю основной продукции ( $K_p$ ), составившие в среднем для подсолнечника 2,47, для сои 2,54, для клещевины 3,73, для пшеницы озимой по подсолнечнику 1,34, по клещевине 1,38 и по сое 1,27 [31; 38]. Расчётные коэффициенты гумификации растительных остатков подсолнечника и клещевины – 0,15,

сои и пшеницы озимой – 0,20, заимствованы из работы Н.Ф. Коробского [14].

Количество поступивших в опытах в почву воздушно-сухих растительных остатков (без корней), гумуса и элементов питания после их разложения зависело от выращиваемых культур, норм вносимых минеральных удобрений, а для пшеницы озимой – и от предшественника (таблица).

Таблица

**Поступление в почву с воздушно-сухими растительными остатками культур севооборота новообразованного гумуса и элементов питания**

Внесено удобрения под культуру	Средний урожай, т/га		Поступает в почву после разложения растительных остатков культур, кг/га			
	семян	растительных остатков	гумуса	азота	фосфора	калия
<b>Подсолнечник</b>						
Контроль – без удобрения	2,67	6,59	989	50,7	16,4	186,5
N <sub>40</sub> P <sub>60</sub>	3,02	7,46	1119	55,2	17,9	201,4
N <sub>20</sub> P <sub>30</sub>	3,04	7,51	1126	60,8	19,5	217,8
N <sub>80</sub> P <sub>120</sub> K <sub>80</sub>	3,02	7,46	1119	60,4	18,7	227,5
<b>Клещевина</b>						
Контроль – без удобрения	3,33	4,46	892	30,3	8,5	51,7
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub>	5,18	6,94	1388	50,7	13,2	84,0
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub>	5,27	7,06	1412	50,8	14,1	86,8
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	5,51	7,38	1476	53,9	15,5	93,0
<b>Пшеница озимая</b>						
Контроль – без удобрения	4,22	5,82	1164	29,1	9,9	54,1
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub>	6,29	8,68	1736	47,7	17,4	85,5
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub>	6,01	8,29	1658	46,4	15,8	85,4
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	6,31	8,71	1742	48,8	17,4	88,0
<b>Соя</b>						
Контроль – без удобрения	1,45	3,68	736	40,5	11,8	28,0
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub>	1,48	3,76	752	41,4	12,4	30,5
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub>	1,48	3,76	752	42,1	12,8	30,1
N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	1,44	3,66	732	42,1	14,3	33,3
<b>Пшеница озимая</b>						
Контроль – без удобрения	4,68	5,94	1188	33,2	10,7	53,5
N <sub>90</sub> P <sub>60</sub>	6,73	8,55	1710	42,8	16,2	78,7
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub>	6,77	8,60	1720	49,9	17,2	85,1
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	7,05	8,95	1790	51,9	20,6	91,3

Выявлено, что в почву поступало 6,59–7,51 т/га растительных остатков подсолнечника, 5,04–5,93 клещевины, 3,68–

3,76 сои, 4,46–7,38 пшеницы озимой по подсолнечнику, 5,82–8,71 – по клещевине и 5,94–8,95 т/га – по сое. После разложения растительных остатков подсолнечника, клещевины, сои и пшеницы озимой рассчитано поступление в почву гумуса, азота, фосфора, калия.

На фоне заделки в почву растительных остатков пшеницы озимой установлена криволинейная зависимость урожайности семян подсолнечника (в диапазоне 2,60–3,40 т/га) от содержания в чернозёме выщелоченном весной нитратного азота, подвижного фосфора, степени подвижности фосфатов, обменного калия при длительном применении в севообороте разных норм и состава удобрений.

Урожайность подсолнечника с повышением содержания нитратного азота весной в слое почвы 0–60 см с 8,0 до 26,0 мг/кг уменьшалась, а затем стабилизировалась. Это можно объяснить тем, что при длительном применении удобрений в севообороте к весне в нижних горизонтах чернозёма выщелоченного (80–160 см) накапливается значительное количество нитратного азота, который при интенсивном росте подсолнечника поглощается корневой системой, поступает в наземные части растения и используется для образования сухой органической массы [31; 32; 34]. Поэтому избыточное содержание в слое 0–60 см нитратного азота – свыше 26,0–28,0 мг/кг, не способствует формированию высокого урожая семян подсолнечника.

Урожайность возрастала до содержания подвижного фосфора 25,0 мг/100 г почвы, а при его количестве более 26,0–27,0 мг/100 г она даже уменьшалась. На основании полученных данных можно считать, что оптимальное содержание подвижного фосфора для подсолнечника находится в пределах 25,0–26,0 мг/100 г почвы и внесение фосфорных удобрений становится неэффективным приёмом.

Урожайность семян возрастала с увеличением степени подвижности фосфатов до 0,12–0,14 мг/л, которую следует счи-



тать оптимальным показателем для подсолнечника.

Подсолнечник слабо реагировал изменением урожайности семян на уровень содержания весной в слое 0–20 см обменного калия. При содержании обменного калия свыше 22,0–24,0 мг/100 г почвы урожайность снижалась и стабилизировалась на уровне 29,0–30,0 мг/100 г.

На основании полученных данных рассчитаны уравнения регрессии зависимости урожайности подсолнечника ( $y$ , т/га) от содержания весной в почве:

- нитратного азота ( $x$ , мг/кг):

$$y = 3,84 - 0,073x + 0,0013x^2;$$

- подвижного фосфора ( $x$ , мг/100 г):

$$y = -5,85 + 0,701x - 0,0137x^2;$$

- обменного калия ( $x$ , мг/100 г):

$$y = 7,73 - 0,319x + 0,0052x^2;$$

- степени подвижности фосфатов ( $x$ , мг/л):

$$y = 2,51 + 7,803x - 28,767x^2;$$

Методом множественной корреляции и регрессии выявлена зависимость урожайности подсолнечника ( $y$ , т/га) от содержания весной нитратного азота ( $x_1$ , мг/кг), подвижного фосфора ( $x_2$ , мг/100 г) и обменного калия ( $x_3$ , мг/100 г):

$$y = -5,14 - 0,07x_1 + 0,15x_2 + 0,20x_3.$$

Коэффициент множественной корреляции ( $r$ ) равен 0,869, доли влияния на урожайность содержания нитратного азота 27,9 %, подвижного фосфора – 34,0 и обменного калия – 32,5 %.

Пшеница озимая по подсолнечнику при внесении удобрений на фоне заделки в почву 6,59–7,51 т/га воздушно-сухих растительных остатков подсолнечника повышала урожайность зерна на 2,05–2,38 т/га в сравнении с контролем. При внесении азотно-фосфорного удобрения в нормах  $N_{90-120}P_{60-90}$  прибавки урожая составляли 2,05–2,14 т/га, а от полного минерального удобрения в дозе  $N_{120}P_{90}K_{60}$  – 2,38 т/га. Положительное действие внесённого с удобрением калия на урожайность пшеницы озимой обусловлено тем, что подсолнечник выносит из почвы

большое количество калия и осенью пшеница озимая по подсолнечнику испытывает его недостаток, так как обменные формы калия в чернозёме выщелоченном восстанавливаются только к весеннему периоду вегетации пшеницы озимой [31; 32].

По результатам исследований установлена криволинейная зависимость урожайности зерна пшеницы озимой от содержания в чернозёме выщелоченном весной нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, степени подвижности фосфатов.

Для формирования высокого урожая пшеницы озимой по подсолнечнику (4,90–5,30 т/га) весной в слое почвы 0–60 см при возобновлении весенней вегетации в чернозёме выщелоченном должно содержаться не менее 8,0–10,0 мг/кг нитратного азота.

Максимальная урожайность в условиях проведения исследований достигалась при содержании подвижного фосфора на уровне 23,0–24,0 мг/100 г почвы. Увеличение его количества свыше 25,0 мг/100 г не приводило к росту урожайности пшеницы озимой по подсолнечнику. На таком фоне обеспеченности почвы подвижным фосфором внесение фосфорного удобрения неэффективно.

При степени подвижности фосфатов 0,09–0,11 мг/л урожайность зерна достигала максимальных значений, что можно считать оптимальным показателем обеспеченности пшеницы озимой по подсолнечнику доступными фосфатами в чернозёме выщелоченном.

При увеличении в слое 0–20 см содержания обменного калия с 20,0 до 30,0 мг/100 г наблюдается рост урожайности пшеницы озимой по подсолнечнику. Более высокое содержание обменного калия (свыше 30,0 мг/100 г почвы) не влияло на уровень её урожайности.

По полученным экспериментальным данным рассчитаны уравнения регрессии зависимости урожайности пшеницы озимой по подсолнечнику ( $y$ , т/га) от содержания весной в почве:

- нитратного азота ( $x$ , мг/кг):

$$y = 1,84 + 0,603x - 0,0299x^2;$$

- подвижного фосфора ( $x$ , мг/100 г):

$$y = -22,84 + 2,395x - 0,051x^2;$$

- обменного калия ( $x$ , мг/100 г):

$$y = -5,87 + 0,682x - 0,0112x^2;$$

- степени подвижности фосфатов ( $x$ , мг/л):

$$y = -3,71 + 29,12x - 137,5x^2.$$

Методом множественной корреляции и регрессии выявлена зависимость урожайности пшеницы озимой по подсолнечнику ( $y$ , т/га) от содержания весной нитратного азота ( $x_1$ , мг/кг), подвижного фосфора ( $x_2$ , мг/100 г) и обменного калия ( $x_3$ , мг/100 г):

$$y = -8,95 - 0,04x_1 + 0,38x_2 + 0,18x_3.$$

Множественный коэффициент корреляции ( $r$ ) равен 0,898, доли влияния на урожайность содержания нитратного азота 7,5 %, подвижного фосфора – 54,7 и обменного калия – 18,5 %. Максимальным положительным действием было содержание подвижного фосфора, доля влияния которого превышала совокупное влияние содержания нитратного азота и обменного калия в 2,1 раза.

По результатам исследований, на фоне заделки в почву 4,46–7,38 т/га воздушно-сухих растительных остатков предшествующей пшеницы озимой и внесения минеральных удобрений, установлена криволинейная зависимость урожайности клещевины (в диапазоне 0,90–1,70 т/га) от содержания в чернозёме выщелоченном весной нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, степени подвижности фосфатов.

Для получения высокого урожая семян весной в чернозёме выщелоченном в слое 0–60 см должно содержаться 18,0–20,0 мг/кг почвы нитратного азота, которое можно считать оптимальным показателем азотной обеспеченности клещевины.

Максимальная урожайность в условиях проведения исследований достигнута при содержании подвижного фосфора 26,0–28,0 мг/100 г почвы, которое следует счи-

тать оптимальным показателем. Увеличение содержания подвижного фосфора (свыше 28,0 мг/100 г) не приводило к росту урожайности клещевины. На таком фоне фосфорной обеспеченности чернозема выщелоченного внесение фосфорных удобрений под клещевину неэффективно.

Урожайность достигала максимальных значений при степени подвижности фосфатов 0,24–0,26 мг/л, что можно считать оптимальным показателем для клещевины.

При увеличении содержания обменного калия с 25,0 до 32,0 мг/100 г почвы отмечалось увеличение урожайности клещевины. Более высокое содержание обменного калия (свыше 32,0 мг/100 г) не влияло на урожайность. Оптимальным уровнем содержания в слое 0–20 см чернозёма выщелоченного обменного калия для клещевины следует считать 30,0–32,0 мг/100 г почвы.

По полученным экспериментальным данным рассчитаны уравнения регрессии зависимости урожайности клещевины ( $y$ , т/га) от содержания весной в почве:

- нитратного азота ( $x$ , мг/кг):

$$y = 1,21 + 0,05x - 0,0013x^2;$$

- подвижного фосфора ( $x$ , мг/100 г):

$$y = -5,31 + 0,506x - 0,0093x^2;$$

- обменного калия ( $x$ , мг/100 г):

$$y = -1,77 + 0,204x - 0,0031x^2;$$

- степени подвижности фосфатов ( $x$ , мг/л):

$$y = 1,14 + 4,377x - 8,0769x^2.$$

Методом множественной корреляции и регрессии выявлена зависимость урожайности клещевины ( $y$ , т/га) от содержания весной нитратного азота ( $x_1$ , мг/кг), подвижного фосфора ( $x_2$ , мг/100 г) и обменного калия ( $x_3$ , мг/100 г):

$$y = 0,62 - 0,006x_1 + 0,048x_2 - 0,004x_3.$$

Множественный коэффициент корреляции ( $r$ ) равен 0,855, доли влияния на урожайность содержания нитратного азота 21,9 %, подвижного фосфора – 55,6 % и обменного калия – 2,2 %. На урожай-

ность клещевины максимальное положительное действие оказывало содержание подвижного фосфора, доля влияния которого в 2,3 раза превышала совокупное отрицательное действие содержания нитратного азота и обменного калия.

Пшеница озимая по клещевине при длительном применении минеральных удобрений на фоне заделки в почву 5,04–5,93 т/га воздушно-сухих растительных остатков клещевины повышала урожайность зерна на 1,79–2,30 т/га в сравнении с контролем. Внесение под пшеницу озимую N<sub>90</sub>P<sub>60</sub> обеспечивало такой же уровень урожайности, как и более высокие нормы азотно-фосфорного (N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>) или полного минерального удобрения (N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>) – 6,29–6,31 т/га.

По результатам исследований установлена зависимость между урожайностью пшеницы озимой и содержанием в чернозёме выщелоченном нитратного азота в слое 0–60 см, подвижного фосфора, обменного калия, степенью подвижности фосфатов в слое 0–20 см. Урожайность пшеницы озимой по клещевине тесно коррелирует с содержанием весной при возобновлении весенней вегетации нитратного азота в слое 0–60 см, подвижного фосфора, обменного калия и степенью подвижности фосфатов, причём характер этой связи отличается от пшеницы озимой по подсолнечнику.

На основании полученных экспериментальных данных рассчитаны уравнения регрессии зависимости урожайности пшеницы озимой ( $y$ , т/га) от содержания весной в почве:

- нитратного азота ( $x$ , мг/кг):  
 $y = 0,13x + 5,26$  ( $r = 0,673$ );
- подвижного фосфора ( $x$ , мг/100 г):  
 $y = 0,17x + 0,98$  ( $r = 0,952$ );
- обменного калия ( $x$ , мг/100 г):  
 $y = 0,18x + 0,52$  ( $r = 0,689$ );
- степени подвижности фосфатов ( $x$ , мг/л):  
 $y = 9,62x + 3,95$  ( $r = 0,944$ ).

Методом множественной корреляции и регрессии выявлена зависимость урожайности клещевины ( $y$ , т/га) от содержания

весной нитратного азота ( $x_1$ , мг/кг), подвижного фосфора ( $x_2$ , мг/100 г) и обменного калия ( $x_3$ , мг/100 г):

$$y = 4,90 - 0,13x_1 + 0,18x_2 - 0,13x_3.$$

Множественный коэффициент корреляции ( $r$ ) равен 0,967, доли влияния на урожайность содержания нитратного азота 15,3 %, подвижного фосфора – 71,1 и обменного калия – 7,7 %. Положительное действие содержания подвижного фосфора в 3,1 раза превышает совокупное отрицательное влияние содержания нитратного азота и обменного калия.

Соя на фоне заделки в почву 5,82–8,71 т/га воздушно-сухих растительных остатков пшеницы озимой по клещевине при сложившихся уровнях агрохимических показателей чернозёма выщелоченного практически не реагировала на внесение минеральных удобрений в изучаемых дозах N<sub>30–60</sub>P<sub>30–90</sub> и N<sub>60</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>.

По результатам исследований установлена криволинейная зависимость урожайности сои от содержания в чернозёме выщелоченном весной нитратного азота в слое 0–60 см, подвижного фосфора, обменного калия, степени подвижности фосфатов в слое почвы 0–20 см. Урожайность сои выростала при увеличении содержания нитратного азота до 20,0–21,0 мг/кг, обменного калия – до 29,0–31,0 мг/100 г почвы.

На основании полученных экспериментальных данных рассчитаны уравнения регрессии зависимости урожайности сои ( $y$ , т/га) от содержания весной в почве:

- нитратного азота ( $x$ , мг/кг):  
 $y = -0,23 + 0,166x - 0,004x^2$ ;
- подвижного фосфора ( $x$ , мг/100 г):  
 $y = 2,95 - 0,15x + 0,0031x^2$ ;
- обменного калия ( $x$ , мг/100 г):  
 $y = -20,03 + 1,436x - 0,0239 \cdot x^2$ ;
- степени подвижности фосфатов ( $x$ , мг/л):  
 $y = 1,60 - 4,02x + 14,44x^2$ .

Методом множественной корреляции и регрессии выявлена зависимость урожайности сои ( $y$ , т/га) от содержания весной

нитратного азота ( $x_1$ , мг/кг), подвижного фосфора ( $x_2$ , мг/100 г) и обменного калия ( $x_3$ , мг/100 г):

$$y = -6,01 - 0,10x_1 + 0,13x_2 + 0,21x_3.$$

Множественный коэффициент корреляции ( $r$ ) равен 0,911, доли влияния на урожайность содержания нитратного азота 19,1 %, подвижного фосфора – 45,3 и обменного калия – 18,6 %.

Пшеница озимая по сое на фоне заделки в почву 3,68–3,76 т/га воздушно-сухих растительных остатков сои положительно реагировала на внесение азотно-фосфорного в дозах  $N_{90-120}P_{60-90}$  и полного минерального удобрения в дозе  $N_{120}P_{90}K_{60}$ , повышая урожайность в сравнении с контролем на 2,03–2,09 и 2,37 т/га соответственно.

По результатам исследований установлена криволинейная зависимость урожайности пшеницы озимой по сое от содержания в чернозёме выщелоченном весной нитратного азота в слое 0–60 см, подвижного фосфора, обменного калия, степени подвижности фосфатов, в слое почвы 0–20 см. Для пшеницы озимой по сое оптимальными показателями являются содержание весной при возобновлении весенней вегетации нитратного азота в слое 0–60 см 6,5–7,5 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 32,0–36, обменного калия – 29,0–30,0 мг/100 г, степени подвижности фосфатов – 0,28–0,32 мг/л.

На основании полученных экспериментальных данных рассчитаны уравнения регрессии зависимости урожайности пшеницы озимой по сое ( $y$ , т/га) от содержания весной в почве:

- нитратного азота ( $x$ , мг/кг):

$$y = 3,08 + 1,183x - 0,0838x^2;$$

- подвижного фосфора ( $x$ , мг/100 г):

$$y = 2,01 + 0,276x - 0,0039x^2;$$

- обменного калия ( $x$ , мг/100 г):

$$y = -85,79 + 6,322x - 0,1079x^2;$$

- степени подвижности фосфатов ( $x$ , мг/л):

$$y = 5,66 + 7,644x - 12,16x^2.$$

Методом множественной корреляции и регрессии выявлена зависимость урожайности пшеницы озимой по сое ( $y$ , т/га) от содержания весной нитратного азота ( $x_1$ , мг/кг), подвижного фосфора ( $x_2$ , мг/100 г) и обменного калия ( $x_3$ , мг/100 г):

$$y = -1,762 + 0,372x_1 + 0,014x_2 + 0,195x_3.$$

Множественный коэффициент корреляции ( $r$ ) равен 0,891, доли влияния на урожайность содержания нитратного азота 62,2 %, подвижного фосфора – 3,6 и обменного калия – 13,6 %. Влияние на урожайность содержания нитратного азота было выше совокупного действия содержания подвижного фосфора и обменного калия в 3,6 раза.

Выявлено, что подсолнечник, клецеевина и соя как предшественники пшеницы озимой оставляют разное количество воздушно-сухих растительных остатков и оказывают различное действие на зависимость урожайности пшеницы озимой от содержания весной нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия в чернозёме выщелоченном. Так, если урожайность пшеницы озимой по подсолнечнику и по клецеевине в наибольшей степени зависела от содержания в слое почвы 0–20 см подвижного фосфора, соответственно 54,7 % и 71,1 %, а действие нитратного азота имело даже отрицательную направленность, то по предшественнику соя резко возрастало положительное влияние содержания нитратного азота в слое 0–60 см – 62,2 %.

На основании полученных экспериментальных данных методом множественной корреляции и регрессии выявлена зависимость урожайности пшеницы озимой ( $y$ ) от предшественников ( $x_1$ ), содержания в почве весной нитратного азота ( $x_2$ ), подвижного фосфора ( $x_3$ ) и обменного калия ( $x_4$ ):

$$y = 0,114 - 0,842x_1 + 0,199x_2 + 0,176x_3 + 0,076x_4,$$

где  $y$  – урожайность пшеницы озимой, т/га;  
 $x_1$  – урожайность предшественника,  
т/га зерн. ед.;

$x_2$  – содержание нитратного азота в  
слое почвы 0–60 см, мг/кг;

$x_3$  – содержание подвижного фосфора  
в слое почвы 0–20 см, мг/100 г;

$x_4$  – содержание обменного калия в  
слое почвы 0–20 см, мг/100 г.

Множественный коэффициент корреляции ( $r$ ) равен 0,943.

Выявлено, что по изученным масличным предшественникам в целом действие на урожайность пшеницы озимой содержания нитратного азота ( $x_2$ ), подвижного фосфора ( $x_3$ ) и обменного калия ( $x_4$ ) имеет положительную направленность, а влияние предшественников, условий произрастания, определяющих уровень их урожайности, – отрицательную. Доли влияния на урожайность пшеницы озимой составляли: предшественников – 32,9 %, содержания нитратного азота – 18,6, подвижного фосфора – 30,3 и обменного калия – 7,1 %. Влияние предшественника и уровня содержания подвижного фосфора на урожайность пшеницы озимой было близким (соответственно 32,9 и 30,3 %), но имело разнонаправленный характер и превышало долю влияния содержания нитратного азота в 1,6–1,8 раза, обменного калия – в 4,3–4,6 раза.

**Заключение.** В звеньях зернопропашного севооборота подсолнечник – пшеница озимая, клещевина – пшеница озимая, соя – пшеница озимая на фоне заделки в почву растительных остатков возделываемых культур и внесения минеральных удобрений проведены наблюдения за содержанием весной нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, степени подвижности фосфатов в слое 0–60 см чернозёма выщелоченного.

В слое 0–60 см содержание нитратного азота весной максимальным было в почве под клещевинной (22,4–30,2 мг/кг), уменьшалось до 17,4–26,4 мг/кг под соей и до 12,0–19,2 мг/кг под подсолнечником,

а минимальным (5,1–6,5 мг/кг) – под пшеницей озимой по сое. От внесения удобрений содержание нитратного азота возрастало в почве под клещевинной на 6,1–7,8 мг/кг, под соей – на 4,6–9,0, под подсолнечником – на 1,7–7,2, под пшеницей озимой по подсолнечнику – на 3,7–5,5, по клещевине – на 0,9–4,4 и по сое – на 0,1–1,4 мг/кг почвы.

Содержание подвижного фосфора в слое 0–20 см при внесении удобрений возрастало в почве под подсолнечником на 3,7–6,9 мг/100 г, под клещевинной – на 4,8–6,7, под соей – на 11,7–19,7, под пшеницей озимой по подсолнечнику – на 3,7–7,1, по клещевине – на 7,7–18,5 и по сое – на 16,6–21,9 мг/100 г почвы. Наблюдается, относительно контроля, увеличение доли подвижного фосфора в слое 0–20 см (на 4,1–5,2 %) и уменьшение её в горизонтах 21–40 (на 1,3–1,5 %) и 41–60 см (на 2,7–4,5 % от суммы подвижного фосфора в слое 0–60 см).

Культуры севооборота также оказывают влияние на перераспределение подвижного фосфора по профилю почвы 0–60 см. В слое 21–40 см доля подвижного фосфора под культурами составляла 31,9–32,6 %. В слое же 0–20 см доля содержания подвижного фосфора увеличивалась и достигала под подсолнечником и клещевинной 41,8–42,0 %, под соей – 46,9 %, под пшеницей озимой по подсолнечнику – 40,6, по клещевине – 44,9 и по сое – 52,4 %. Более чётко выражен процесс перераспределения подвижного фосфора по горизонтам почвы в звене севооборота соя – пшеница озимая.

Применение удобрений в севообороте оказывает существенное влияние на степень подвижности фосфатов в почве. Наиболее значительно увеличение степени подвижности фосфатов происходит в слое 0–20 см, меньше – в слое 21–40 см и мало изменялся показатель в слое 41–60 см. Степень подвижности фосфатов составляла: под подсолнечником и пшеницей озимой по подсолнечнику – по 0,08 мг/л, под клещевинной – 0,12 мг/л, под

соей – 0,23 мг/л, под пшеницей озимой по сое и по клещевине – 0,32–0,34 мг/л.

Поступающий в почву фосфор из вносимых минеральных удобрений и растительных остатков возделываемых культур способствует повышению в чернозёме выщелоченного содержания подвижного фосфора и степени подвижности фосфатов. Установлена тесная положительная зависимость между содержанием подвижного фосфора в вытяжке по методу Ф.В. Чирикова и степенью подвижности фосфатов в вытяжке по методу Н.П. Карпинского и В.П. Замятиной в чернозёме выщелоченном по слоям почвы 0–20 см, 21–40 см и 0–40 см с коэффициентами корреляции от 0,76 до 0,87.

Максимальное содержание обменного калия выявлено в слое почвы 0–20 см под клещевинной – 29,8 мг/100 г. Это на 4,6–10,8 % больше, чем под подсолнечником и соей. В почве под пшеницей озимой по подсолнечнику отмечено самое низкое содержание обменного калия – 26,9 мг/100 г. На 3,6 и 4,9 % обменного калия было больше в почве под пшеницей озимой по клещевине и по сое. В слое 21–40 см содержание обменного калия в почве под клещевинной составляло 28,0 мг/100 г, под соей и пшеницей озимой по сое – 26,2–26,8, под подсолнечником и пшеницей озимой по подсолнечнику и по клещевине – 24,3–24,7 мг/100 г. Наиболее благоприятный калийный режим складывался в почве под пшеницей озимой по сое и наименее благоприятный – по подсолнечнику.

Количество поступивших в почву воздушно-сухих растительных остатков (без корней), расчетное количество гумуса и элементов питания после их разложения зависело от культур, норм вносимых удобрений, а для пшеницы озимой и от предшественника. Выявлено, что в почву поступало в среднем 7,3 т/га растительных остатков подсолнечника, 5,7 т/га клещевины, 3,7 т/га сои, 6,5 т/га соломы пшеницы озимой по подсолнечнику, 7,9 т/га – по клещевине и 8,0 т/га – после сои.

В почву поступало после разложения растительных остатков подсолнечника 1,09 т/га гумуса, 57 кг/га азота, 18 фосфора, 208 кг/га калия; клещевины – гумуса 0,85 т/га, азота 52 кг/га, фосфора 26, калия 78 кг/га; сои – гумуса 0,74 т/га, азота 42 кг/га, фосфора 13, калия 30 кг/га; пшеницы озимой в зависимости от масличного предшественника – гумуса 1,29–1,90 т/га, азота 43–46 кг/га, фосфора 13–16, калия 77–79 кг/га.

Установлена криволинейная зависимость урожайности подсолнечника от содержания в чернозёме выщелоченном весной нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия и степени подвижности фосфатов при длительном применении в севообороте разных доз минерального удобрения. Выявлена методом множественной корреляции и регрессии зависимость урожайности подсолнечника от содержания весной нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия с долями влияния содержания нитратного азота 27,9 %, подвижного фосфора – 34,0 и обменного калия – 32,5 %.

Показано, что содержание весной в слое почвы 0–60 см нитратного азота свыше 26,0–28,0 мг/кг почвы не способствует увеличению урожайности семян. Оптимальное содержание весной для подсолнечника составляет: подвижного фосфора – 25,0–26,0 в вытяжке по методу Ф.В. Чирикова, обменного калия – 22,0–26,0 мг/100 г в вытяжке по методу А.Л. Масловой, степень подвижности фосфатов – 0,12–0,14 мг/л в вытяжке по методу Н.П. Карпинского, В.Б. Замятиной.

Установлена криволинейная зависимость урожайности пшеницы озимой по подсолнечнику от содержания в чернозёме выщелоченном весной нитратного азота, подвижного фосфора, степени подвижности фосфатов, обменного калия. Методом множественной корреляции и регрессии выявлена зависимость урожайности пшеницы озимой по подсолнечни-

ку от содержания весной нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия с долями влияния содержания нитратного азота 7,5 %, подвижного фосфора 54,7 и обменного калия 18,5 %. Оптимальное для пшеницы озимой по подсолнечнику содержание весной нитратного азота 8,0–10,0 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 23,0–24,0, обменного калия – 28,0–30,0 мг/100 г почвы, степень подвижности фосфатов – 0,09–0,11 мг/л.

Выявлена криволинейная зависимость урожайности клещевины от содержания в чернозёме выщелоченном весной нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия и степени подвижности фосфатов. Методом множественной корреляции и регрессии выявлена зависимость урожайности клещевины от содержания весной нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия с долями влияния содержания нитратного азота 21,9 %, подвижного фосфора 55,6 и обменного калия 2,2 %. Оптимальное для клещевины содержание весной нитратного азота 18,0–20,0 мг/кг почвы, подвижного фосфора – 26,0–28,0, обменного калия 30,0–32,0 мг/100 г и степень подвижности фосфатов 0,24–0,26 мг/л.

Выявлена тесная положительная корреляция между урожайностью пшеницы озимой по клещевине и содержанием весной в чернозёме выщелоченном нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия и степенью подвижности фосфатов. Методом множественной корреляции и регрессии выявлена зависимость урожайности пшеницы озимой по клещевине от содержания весной нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия с долями влияния содержания нитратного азота 15,3 %, подвижного фосфора 71,1 и обменного калия 7,7 %.

Соя на фоне заделки в почву 5,82–8,71 т/га растительных остатков пшеницы озимой по клещевине не реагировала на внесение минеральных удобрений. Уста-

новлена криволинейная зависимость урожайности сои от содержания в чернозёме выщелоченном весной нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, степени подвижности фосфатов. Методом множественной корреляции и регрессии выявлена зависимость урожайности сои от содержания весной нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия с долями влияния содержания нитратного азота 19,1 %, подвижного фосфора 45,3 и обменного калия 18,6 %. Оптимальное для сои содержание весной нитратного азота 20,0–21,0 мг/кг, подвижного фосфора – 28,0–30,0, обменного калия – 29,0–31,0 мг/100 г, степень подвижности фосфатов 0,21–0,23 мг/л.

Установлена криволинейная зависимость урожайности пшеницы озимой по сое от содержания в чернозёме выщелоченном весной нитратного азота, подвижного фосфора, степени подвижности фосфатов, обменного калия. Методом множественной корреляции и регрессии выявлена зависимость урожайности пшеницы озимой по сое ( $y$ , т/га) от содержания весной нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия с долями влияния содержания нитратного азота 62,2 %, подвижного фосфора 3,6 и обменного калия 13,6 %. Оптимальное для пшеницы озимой по сое содержание весной нитратного азота 6,5–7,5 мг/кг, подвижного фосфора – 32,0–36,0, обменного калия – 29,0–30,0 мг/100 г, степень подвижности фосфатов – 0,28–0,32 мг/л.

Выявлено, что подсолнечник, клещевина и соя как предшественники пшеницы озимой оказывают различное действие на зависимость ее урожайности от содержания весной в чернозёме выщелоченном нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия. На урожайность пшеницы озимой по подсолнечнику и по клещевине наибольшее влияние оказывало содержание подвижного фосфора соответственно 54,7 и 71,1 %, а по сое содержание нитратного азота – 62,2 %.

Методом множественной корреляции и регрессии выявлена зависимость урожайности пшеницы озимой от предшественников, содержания в почве весной нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия. Выявлено, что в целом доли влияния на урожайность составили: предшественников – 32,9 %, содержания нитратного азота – 18,6, подвижного фосфора – 30,3 и обменного калия – 7,1 %.

#### Список литературы

1. *Александрова Л.И.* Органическое вещество почвы и процессы его трансформации. – Л.: Наука, 1980. – 286 с.
2. *Тюрин И.В.* Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. – М.: Наука, 1965. – 316 с.
3. *Сидоров М.И., Зезюков Н.И.* Роль негумифицированных растительных остатков почв в земледелии // Вестник с.-х. науки. – 1981. – № 11. – С. 78–84.
4. *Лыков А.М.* Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 142 с.
5. *Кулаковская Т.Н., Кнаишис В.Ю., Богдевич И.М.* [и др.]. Оптимальные параметры плодородия почв. – М.: Колос, 1984. – 271 с.
6. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М.: Изд-во Моск. унта, 1990. – 326 с.
7. *Воробьев С.А.* Севообороты в специализированных хозяйствах Нечерноземья. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 216 с.
8. *Шапошникова И.М., Новиков А.А.* Послеуборочные остатки полевых культур в зернопропашном севообороте // Агрохимия. – 1985. – № 1. – С. 48–51.
9. *Бугаевский В.К., Ширинян М.Х., Солдатенко А.Г.* [и др.]. Последствия интенсификации земледелия на плодородие чернозёма выщелоченного и урожайность сельхозкультур // Эволюция научных технологий в растениеводстве: сб. науч. тр. в честь 90-летия со дня образования Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко. – Краснодар, 2004. – Т. 4. – С. 71–77.
10. *Трубилин И.Т., Малюга Н.Г., Василько В.П.* [и др.]. Некоторые аспекты совершенствования агротехнологий и систем земледелия юга России // Сельские зори. – 2004. – № 4. – С. 12–19.
11. *Минеев В.Г.* Химизация земледелия и природная среда. – М.: Агропромиздат, 1990. – 286 с.
12. *Ефремов В.В., Губанкова И.А.* Основные направления химизации земледелия с учётом баланса питательных веществ и плодородия почв // Параметры плодородия основных типов почв. – М., 1988. – С. 201–214.
13. *Минеев В.Г., Бабарина Э.А., Жукова Л.М.* [и др.]. Подвижность и доступность растениям основных элементов питания при длительном при-

менении удобрений // Бюл. ВИУА. – 1977. – № 35. – С. 39–48.

14. *Коробской Н.Ф.* Агроэкологические проблемы повышения плодородия чернозёмов Западного Предкавказья. – Пушкино, 1995. – 210 с.

15. *Малюга Н.Г.* Озимая сильная пшеница на Кубани. – Краснодар: Краснодарское книж. изд-во, 1992. – 240 с.

16. *Солдатенко А.Г., Кильдюшкин В.М.* Плодородие почвы и продуктивность озимой пшеницы в полевом севообороте при длительном применении органических и минеральных удобрений // Вопросы селекции и возделывания полевых культур: мат-лы науч.-практ. конф. «Зелёная революция П.П. Лукьяненко», 28–30 мая 2001 г., г. Краснодар, НИИ сел. хоз-ва. – Краснодар: Изд-во «Совetskая Кубань», 2001. – С. 205–213.

17. *Бунякаина Р.Ф.* Использование азота озимой пшеницей и сахарной свёклой при различных сроках внесения азотных удобрений на выщелоченном чернозёме // Агрохимия. – 1976. – № 1. – С. 10–15.

18. *Касицкий Ю.И.* Об оптимальном уровне обеспеченности почв СССР подвижным фосфором // Агрохимия. – 1979. – № 3. – С. 135–151.

19. *Сдобникова О.В.* Оптимизация питания сельскохозяйственных культур в интенсивном земледелии // Параметры плодородия основных типов почв. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 4–16.

20. *Минеев В.Г.* Агрохимические основы повышения продуктивности почв разного типа // Эффективность удобрений по зонам страны. Тр. ВИУА. – 1983. – Вып. 29. – С. 14–25.

21. *Бузинов П.А., Суетов В.П.* О миграции фосфора суперфосфата в западно-предкавказском выщелоченном чернозёме // Сб. работ по маслич. культурам. ВНИИ масличных культур. – Майкоп, 1966. – Вып. № 3. – С. 85–87.

22. *Петербургский А.В., Никитишен В.И., Шаббаев В.П.* Потери питательных веществ из почвы и внесённых удобрений вследствие вымывания // Агрохимия. – 1976. – № 7. – С. 144–154.

23. *Городецкая С.П.* Длительное воздействие растений и удобрений на фосфатный режим серой оподзоленной почвы // Агрохимия. – 1976. – № 12. – С. 29–36.

24. *Гомонова Н.В.* Влияние 25-летнего применения минеральных удобрений и извести на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы в метровом профиле // Агрохимия. – 1980. – № 10. – С. 38–46.

25. *Доспехов Б.А., Кирюшин Б.Д., Братерская А.Н.* Влияние длительного сельскохозяйственного использования почвы на её свойства, урожайность и качество полевых культур // Агрохимия. – 1981. – № 9. – С. 46–57.

26. *Никитишен В.И.* Агрохимические основы эффективности применения удобрений в интенсивном земледелии. – М.: Наука, 1984. – 214 с.

27. *Загорча К.Л., Индоиту Д.М., Банару А.З.* [и др.]. Роль системы удобрений в воспроизводстве плодородия карбонатных чернозёмов при интен-



сивном возделывании культур в полевых севооборотах // Применение удобрений и расширенное воспроизводство плодородия почв. – М., 1989. – С. 57–63.

28. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.

29. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Часть 3. Анализ растений. – М., 1985. – 131 с.

30. Практикум по агрохимии / Под ред. Б.А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.

31. Тишков Н.М. Плодородие выщелоченного чернозёма Западного Предкавказья и продуктивность зернопропашного севооборота с масличными культурами при длительном применении удобрений: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / Николай Михайлович Тишков. – Краснодар, 2006. – 404 с.

32. Павленко В.А., Тишков Н.М., Енкина О.В. Плодородие выщелоченного чернозёма при длительном применении удобрений. – Краснодар, 1996. – 107 с.

33. Тишков Н.М. Плодородие почвы и продуктивность клешевины при длительном применении удобрений в севообороте с масличными культурами // Науч.-тех. бюл. ВНИИ масличных культур. – Краснодар, 2002. – Вып. 127. – С. 72–82.

34. Тишков Н.М. Влияние удобрений в зернопропашном севообороте с масличными культурами на плодородие выщелоченного чернозёма и продуктивность подсолнечника // Науч.-тех. бюл. ВНИИ масличных культур. – Краснодар, 2003. – Вып. 1 (128). – С. 43–63.

35. Тишков Н.М. Влияние системы удобрений в зернопропашном севообороте с масличными культурами на плодородие выщелоченного чернозёма и продуктивность озимой пшеницы после клешевины // Науч.-тех. бюл. ВНИИ масличных культур. – Краснодар, 2003. – Вып. 1 (128). – С. 82–93.

36. Тишков Н.М. Изменение агрохимических свойств чернозёма выщелоченного при длительном применении удобрений в севообороте с масличными культурами // Науч.-тех. бюл. ВНИИ масличных культур. – Краснодар, 2003. – Вып. 2 (129). – С. 37–46.

37. Тишков Н.М. Реакция сои на почвенное плодородие и минеральные удобрения в севообороте // В кн.: Соя. Биология и технология возделывания. – Краснодар, 2005. – С. 65–74.

38. Тишков Н.М. Влияние растительных остатков и удобрений в севообороте с масличными культурами на плодородие чернозёма выщелоченного // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИ масличных культур. – Краснодар, 2006. – Вып. 2 (135). – С. 132–138.

2. Tyurin I.V. Organicheskoe veshchestvo pochvy i ego rol' v plodorodii. – М.: Nauka, 1965. – 316 s.

3. Sidorov M.I., Zezyukov N.I. Rol' negumifitsirovannykh rastitel'nykh ostatkov pochv v zemledelii // Vestnik s.-kh. nauki. – 1981. – № 11. – S. 78–84.

4. Lykov A.M. Vosproizvodstvo plodorodiya pochv v Nechernozemnoy zone. – М.: Rossel'khozizdat, 1982. – 142 s.

5. Kulakovskaya T.N., Knashis V.Yu., Bogdevich I.M. [i dr.]. Optimal'nye parametry plodorodiya pochv. – М.: Kolos, 1984. – 271 s.

6. Orlov D.S. Gumusovye kisloty pochv i obshchaya teoriya gumifikatsii. – М.: Izd-vo Mosk. un-ta, 1990. – 326 s.

7. Vorob'ev S.A. Sevooboroty v spetsializirovannykh khozyaystvakh Nechernozem'ya. – М.: Rossel'khozizdat, 1982. – 216 s.

8. Shaposhnikova I.M., Novikov A.A. Posleuborochnye ostatki polevykh kul'tur v zempropashnom sevooborote // Agrokimiya. – 1985. – № 1. – S. 48–51.

9. Bugaevskiy V.K., Shirinyan M.Kh., Soldatenko A.G. [i dr.]. Posledstviya intensivatsii zemledeliya na plodorodie chernozema vyshchelochennogo i urozhaynost' sel'khozkul'tur // Evolyutsiya nauchnykh tekhnologiy v rastenievodstve: sb. nauch. tr. v chest' 90-letiya so dnya obrazovaniya Krasnodarskogo NIISKh im. P.P. Luk'yanenko. – Krasnodar, 2004. – T. 4. – S. 71–77.

10. Trubilin I.T., Malyuga N.G., Vasil'ko V.P. [i dr.]. Nekotorye aspekty sovershenstvovaniya agrotekhnologiy i sistem zemledeliya yuga Rossii // Sel'skie zori. – 2004. – № 4. – S. 12–19.

11. Mineev V.G. Khimizatsiya zemledeliya i prirodnyaya sreda. – М.: Agropromizdat, 1990. – 286 s.

12. Efremov V.V., Gubankova I.A. Osnovnye napravleniya khimizatsii zemledeliya s uchetom balansa pitatel'nykh veshchestv i plodorodiya pochv // Parametry plodorodiya osnovnykh tipov pochv. – М., 1988. – S. 201–214.

13. Mineev V.G., Babarina E.A., Zhukova L.M. [i dr.]. Podvizhnost' i dostupnost' rasteniyam osnovnykh elementov pitaniya pri dlitel'nom primenenii udobreniy // Byul. VIUA. – 1977. – № 35. – S. 39–48.

14. Korobskoy N.F. Agroekologicheskie problemy povysheniya plodorodiya chernozemov Zapadnogo Predkavkaz'ya. – Pushchino, 1995. – 210 s.

15. Malyuga N.G. Ozimaya sil'naya pshenitsa na Kubani. – Krasnodar: Krasnodarskoe knizh. izd-vo, 1992. – 240 s.

16. Soldatenko A.G., Kil'dyushkin V.M. Plodorodie pochvy i produktivnost' ozimoy pshenitsy v polevom sevooborote pri dlitel'nom primenenii organicheskikh i mineral'nykh udobreniy // Voprosy selektsii i vzdelyvaniya polevykh kul'tur: mat-ly nauch.-prakt. konf. «Zelenaya revolyutsiya P.P. Luk'yanenko», 28–30 maya 2001 g., g. Krasnodar, NII sel. khoz-va. – Krasnodar: Izd-vo «Sovetskaya Kuban'», 2001. – S. 205–213.

## References

1. Aleksandrova L.I. Organicheskoe veshchestvo pochvy i protsessy ego transformatsii. – L.: Nauka, 1980. – 286 s.

17. Bunyakina R.F. Ispol'zovanie azota ozimoy pshenitsey i sakharnoy svekloy pri razlichnykh srokakh vneseniya azotnykh udobreniy na vyshchelochennom chernozeme // *Agrokhiimiya*. – 1976. – № 1. – S. 10–15.

18. Kasitskiy Yu.I. Ob optimal'nom urovne obespechennosti pochv SSSR podvizhnym fosforom // *Agrokhiimiya*. – 1979. – № 3. – S. 135–151.

19. Sdobnikova O.V. Optimizatsiya pitaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v intensivnom zemledelii // *Parametry plodorodiya osnovnykh tipov pochv*. – M.: Agropromizdat, 1988. – S. 4–16.

20. Mineev V.G. Agrokhiimicheskie osnovy povysheniya produktivnosti pochv raznogo tipa // *Effektivnost' udobreniy po zonam strany*. Tr. VIUA. – 1983. – Vyp. 29. – S. 14–25.

21. Buzinov P.A., Suetov V.P. O migratsii fosfora superfosfata v zapadno-predkavkazskom vyshchelochennom chernozeme // *Sb. rabot po maslich. kul'turam*. VNII maslichnykh kul'tur. – Maykop, 1966. – Vyp. № 3. – S. 85–87.

22. Peterburgskiy A.V., Nikitishen V.I., Shabaev V.P. Poteri pitatel'nykh veshchestv iz pochvy i vnesennykh udobreniy vsledstvie vymyvaniya // *Agrokhiimiya*. – 1976. – № 7. – S. 144–154.

23. Gorodetskaya S.P. Dlitel'noe vozdeystvie rasteniy i udobreniy na fosfatnyy rezhim seroy opodzolennoy pochvy // *Agrokhiimiya*. – 1976. – № 12. – S. 29–36.

24. Gomonova N.V. Vliyanie 25-letnego primeniya mineral'nykh udobreniy i izvesti na agrokhiimicheskie svoystva demovo-podzolistoy pochvy v metrovom profile // *Agrokhiimiya*. – 1980. – № 10. – S. 38–46.

25. Dospekhov B.A., Kiryushin B.D., Braterskaya A.N. Vliyanie dlitel'nogo sel'skokhozyaystvennogo ispol'zovaniya pochvy na ee svoystva, urozhaynost' i kachestvo polevykh kul'tur // *Agrokhiimiya*. – 1981. – № 9. – S. 46–57.

26. Nikitishen V.I. Agrokhiimicheskie osnovy effektivnosti primeniya udobreniy v intensivnom zemledelii. – M.: Nauka, 1984. – 214 s.

27. Zagorcha K.L., Indoitu D.M., Banaru A.Z. [i dr.]. Rol' sistemy udobreniy v vosproizvodstve plodorodiya karbonatnykh chernozemov pri intensivnom vozdeleyvanii kul'tur v polevykh sevooborotakh // *Primenenie udobreniy irasshirennoe vosproizvodstvo plodorodiya pochv*. – M., 1989. – S. 57–63.

28. Agrokhiimicheskie metody issledovaniya pochv. – M.: Nauka, 1975. – 656 s.

29. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu issledovaniy v dlitel'nykh opytakh s udobreniyami. Chast' 3. Analiz rasteniy. – M., 1985. – 131 s.

30. Praktikum po agrokhiimii / Pod red. B.A. Yagodina. – M.: Agropromizdat, 1987. – 512 s.

31. Tishkov N.M. Plodorodie vyshchelochennogo chernozema Zapadnogo Predkavkaz'ya i produktivnost' zernopropashnogo sevooborota s maslichnymi kul'turami pri dlitel'nom primeneniі udobreniy: dis.

... d-ra s.-kh. nauk: 06.01.04 / Nikolay Mikhaylovich Tishkov. – Krasnodar, 2006. – 404 s.

32. Pavlenko V.A., Tishkov N.M., Enkina O.V. Plodorodie vyshchelochennogo chernozema pri dlitel'nom primeneniі udobreniy. – Krasnodar, 1996. – 107 s.

33. Tishkov N.M. Plodorodie pochvy i produktivnost' kleshcheviny pri dlitel'nom primeneniі udobreniy v sevooborote s maslichnymi kul'turami // *Nauch.-tekh. byul. VNII maslichnykh kul'tur*. – 2002. – Vyp. 127. – S. 72–82.

34. Tishkov N.M. Vliyanie udobreniy v zernopropashnom sevooborote s maslichnymi kul'turami na plodorodie vyshchelochennogo chernozema i produktivnost' podsolnechnika // *Nauch.-tekh. byul. VNII maslichnykh kul'tur*. – 2003. – Vyp. 1 (128). – S. 43–63.

35. Tishkov N.M. Vliyanie sistemy udobreniy v zernopropashnom sevooborote s maslichnymi kul'turami na plodorodie vyshchelochennogo chernozema i produktivnost' ozimoy pshenitsy posle kleshcheviny // *Nauch.-tekh. byul. VNII maslichnykh kul'tur*. – 2003. – Vyp. 1 (128). – S. 82–93.

36. Tishkov N.M. Izmenenie agrokhiimicheskikh svoystv chernozema vyshchelochennogo pri dlitel'nom primeneniі udobreniy v sevooborote s maslichnymi kul'turami // *Nauch.-tekh. byul. VNII maslichnykh kul'tur*. – 2003. – Vyp. 2 (129). – S. 37–46.

37. Tishkov N.M. Reaktsiya soi na pochvennoe plodorodie i mineral'nye udobreniya v sevooborote // *V kn.: Soya. Biologiya i tekhnologiya vozdeleyvaniya*. – Krasnodar, 2005. – S. 65–74.

38. Tishkov N.M. Vliyanie rastitel'nykh ostatkov i udobreniy v sevooborote s maslichnymi kul'turami na plodorodie chernozema vyshchelochennogo // *Maslichnye kul'tury*. Nauch.-tekh. byul. VNII maslichnykh kul'tur. – 2006. – Vyp. 2 (135). – S. 132–138.

## Сведения об авторе

**Н.М. Тишков**, гл. науч. сотр., д-р с.-х. наук

*Получено/Received*

10.01.2024

*Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed*

16.01.2024

*Получено после доработки/Manuscript revised*

25.01.2024

*Принято/Accepted*

13.03.2024

*Manuscript on-line*

30.05.2024