

ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР В ЗЕРНОПАРОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ ЛЕСОСТЕПИ ЦЧР

© 2019 г. О. А. Минакова^{1,*}, Л. В. Александрова¹, Т. Н. Подвигина¹

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова
396030 Воронежская обл., Рамонский р-н, п. ВНИИСС, Россия

*E-mail: olalmin2@rambler.ru

Поступила в редакцию 06.06.2018 г.

После доработки 12.10.2018 г.

Принята к публикации 13.05.2019 г.

Последствие длительно применяемых удобрений в зерносвекловичном севообороте в большей степени повышало урожайность зеленой массы клевера (на 19.7–40.9%), несколько меньше – ячменя (на 18.4–36.4%), менее всего – озимой пшеницы, как в звене с черным паром, так и в звене с клевером (12.9–20.7%). Наибольшее влияние оказало последствие дозы N135P135K135 под сахарную свеклу на фоне навоза 25 т/га в пару.

Ключевые слова: последствие удобрений, урожайность культур, зернопаропропашной севооборот, лесостепь, Центрально-Черноземный регион.

DOI: 10.1134/S0002188119080088

ВВЕДЕНИЕ

Основное внесение удобрений, примерно 80% от общего количества, служит для питания растений сахарной свеклы в течение всего периода вегетации, начиная с фазы 3–4 пар листьев и определяет уровень урожайности культуры [1]. Удобрения, внесенные под сахарную свеклу в дозах N90–140P90–150K80–140, в значительной степени повышают эффективное плодородие почвы и урожайность культуры [2–4]. Питательные элементы удобрений не способны полностью усвоиться культурой в первый год. Например, в первый год из минеральных удобрений потребляется 20% фосфора, 50% калия и 60% азота, во 2-й год – 15, 20 и 10%, из навоза – 30, 50, 25 и 25, 20 и 20% соответственно [1].

Последствие фосфорных удобрений проявляется особенно ярко [5, 6]. Практически весь фосфор удобрений остается в наиболее подвижных группах минеральных фосфатов (1–4 группы), которые доступны для поглощения растениями [7]. Высокая поглощающая способность почв увеличивает продолжительность последствия удобрений [8], и оно будет продолжаться, пока величина их содержания в почве не снизится до исходной [9]. Вследствие подтягивания вымывающихся нитратов к фронту промерзания почвы и передвижению в корнеобитаемый слой из нижележащих горизонтов на 2-й год отмечено усвое-

ние культурами и достаточно большого количества нитратного азота [6].

Неиспользованные запасы удобрений способны повышать урожайность сельскохозяйственных культур, эффект зависит от биологии культуры, наиболее отзывчив ячмень [8]. Оплата 1 кг остаточных P₂O₅ приростом основной продукции равна 3.0–25.6 кг з.е., 1 кг K₂O – 3.3 кг зерна ячменя [5, 8]. Чем больше в почве остается неиспользованного фосфора и калия, тем выше урожайность: связь между содержанием подвижного P₂O₅ в почве и приростом урожайности, переведенная в зерновые единицы, характеризуется коэффициентом корреляции 0.8, K₂O – $r = 0.90–0.98$ [9].

Органические удобрения также способны к длительному последствию вследствие содержания элементов питания в связанной форме и постепенного их высвобождения при разложении. Чем больше элементов в органике в связанной форме, тем выше его последствие [10].

Цель работы – изучение влияния последствия удобрений и навоза при их длительном применении на урожайность зерновых культур и клевера в зерносвекловичном севообороте лесостепи ЦЧР и установление их связи с погодными условиями (среднегодовым количеством осадков и температурой).

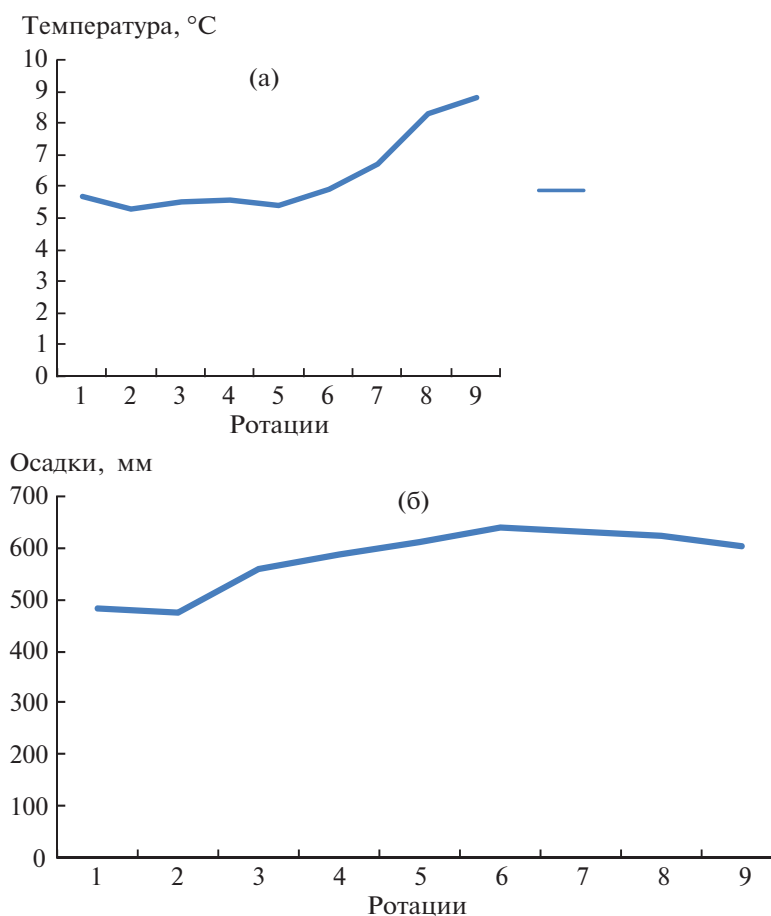


Рис. 1. Среднегодовая температура, °C – (а) и среднегодовое количество осадков, мм – (б) за ротацию, Рамонский р-н, Воронежская обл., 1936–2017 гг.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в стационарном опыте по внесению удобрений, который был заложен в 1936 г. и продолжается по настоящее время. Опыт представляет собой 9-польный зернопаропропашной севооборот, чередование культур в севообороте следующее: черный пар—озимая пшеница—сахарная свекла—ячмень с подсевом клевера—клевер 1-го года пользования—озимая пшеница—сахарная свекла—однолетние травы (горох + + овес)—овес. К настоящему времени закончилась 9-я ротация севооборота. Почва опытного участка — чернозем выщелоченный малогумусный тяжелосуглинистый.

Климат района исследования — умеренно-континентальный с неустойчивым увлажнением, ГТК (гидротермический коэффициент по Селянину) равен 0.9–1.3.

Минеральные удобрения получала только сахарная свекла, навоз вносили в черном пару, остальные культуры использовали последствие удобрений.

Были проанализированы данные с 1964 по 2017 гг. (урожайность зерна озимой пшеницы в звене с

клевером), с 1936 по 2017 гг. (урожайность озимой пшеницы в звене с черным паром, а также ячменя и зеленой массы клевера).

Изучали влияние последствия удобрений на урожайность культур в вариантах применения N45P45K45 + навоз 25 т/га, N90P90K90 + навоз 25 т/га, N135P135K135 + навоз 25 т/га, N45P45K45 + + навоз 50 т/га и в контроле без удобрений. Определение урожайности зерновых и клевера производили методом пробных площадок; посевная площадь делянки 162 м², учетная — 16.2 м² для зерновых и 4 м² — для клевера.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдения за среднегодовой температурой (за годы ротации) выявили, что в 9-й ротации она увеличивалась относительно 1-й ротации на 3.1°C (рис. 1а). Более всего увеличение температуры относительно предыдущей ротации отмечали в 6-й ротации (0.5°C), 7-й — (0.8°C), 8-й — (1.5°C), 9-й — (0.5°C), самый большой подъем произошел в период от 7-й к 8-й ротации (1.5°C).

Среднегодовое количество осадков (за годы ротации) последовательно увеличивалось от 1-й к 6-й ротации на 158 мм (на 32.8%) (рис. 16), в дальнейшем показатель стабилизировался на уровне 604–632 мм. Количество осадков, выпавшее в период 9-й ротации, превышало таковое в 1-й ротации на 25.3%.

В 1-й ротации увеличение урожайности зерна озимой пшеницы при последствии составило 15.6–18.0% по сравнению в звене с паром с контролем, во 2-й ротации – только в варианте N45P45K45 + навоз 50 т/га было отмечено повышение урожайности на 5.3% (рис. 2). В 3-й ротации урожайность зерна озимой пшеницы относительно контроля повышалась на 9.4–19.5%, в 4-й – на 37.0–43.0, в 5-й – на 27.7–40.5, в 6–8-й ротациях прибавки были меньше (в 6-й ротации – 21.8–28.7, в 7-й – 5.0–15.4, в 8-й – 9.3–11.6%), но в 9-й ротации они вновь стали высокими – 13.9–39.7%. Возможно, в первые 3 ротации последствие влияло слабо, максимум проявился в 5-й ротации, а затем влияние стабилизировалось, дальнейший подъем был отмечен лишь в 9-й ротации. Более всего последствие удобрений на урожайность пшеницы в звене с черным паром проявилось через 40 лет применения удобрений в севообороте. Наибольшее влияние оказывала на всем протяжении опыта доза N135P135K135 + навоз 25 т/га, несколько меньшее – доза N90P90K90 + навоз 25 т/га.

Максимальный размах урожайности (разница между минимумом и максимумом, отмеченная за 9 ротаций) озимой пшеницы в звене с черным паром отмечали в контрольном варианте – 5.2–73.0%, в удобренных вариантах зафиксировано уменьшение размаха, что было положительным фактом, т.к. свидетельствовало о стабильности величины урожая, минимальным размах был при применении N45P45K45 + навоз 50 т/га (3.3–49.3%), несколько больше – в вариантах N90P90K90 + навоз 25 т/га (10.5–56.3%), N45P45K45 + навоз 25 т/га (8.1–66.7%), N135P135K135 + навоз 25 т/га (9.5–68.1%). Вариант N45P45K45 + навоз 50 т/га обеспечивал наиболее стабильные урожаи культуры.

Урожайность зерна озимой пшеницы в звене с паром за 1936–2017 гг. повышалась относительно контроля в вариантах N45P45K45 + навоз 25 т/га на 15.8, N45P45K45 + навоз 50 т/га – на 16.5, N90P90K90 + навоз 25 т/га – на 19.6, N135P135K135 + навоз 25 т/га – на 20.7%.

Последствие удобрений в посевах озимой пшеницы в звене с клевером проявилось в увеличении урожайности удобренных вариантов в 3-й ротации на 12.8–25.0, в 4-й – на 23.2–31.6, в 5-й – на 18.9–22.8, в 6-й – на 7.8–8.6, в 7-й – на 2.8–6.6, в 8-й – на 9.2–20.9, в 9-й – на 11.9–33.9% (табл. 1). Если от 3-й к 6-й ротации отмечали последовательное увеличение урожайности как в контрольном, так и в удобренных вариантах, то в 7–8-й ротациях урожайность была относительно стабиль-

ной, но в 9-й ротации она уменьшалась, особенно сильно в контроле. Последствие удобрений в посевах озимой пшеницы в звене с клевером достаточно быстро вышло на высокий уровень (к 4-й ротации повышение относительно контроля составило до 31.6%), затем оно было невысоким с последующим увеличением в 9-й ротации. С увеличением длительности опыта росла прибавка урожайности культуры. Наибольшее последствие оказала система удобрения N135P135K135 + навоз 25 т/га (кроме 6-й и 7-й ротаций, где также значительно влияла доза N45P45K45 + навоз 50 т/га).

Размах урожайности озимой пшеницы в звене с клевером составил в контрольном варианте 53.3–143%, в удобренных вариантах отмечали снижение размаха, минимальным он был в варианте N135P135K135 + навоз 25 т/га (64.3–112%), несколько больше – в вариантах N90P90K90 + навоз 25 т/га (62.6–117%), N45P45K45 + навоз 25 т/га (46.0–125%), максимальным он был в варианте N45P45K45 + навоз 50 т/га (83.2–134%).

В среднем за все ротации влияние последствия N45P45K45 + навоз 25 т/га увеличивало урожайность зерна озимой пшеницы в звене с клевером на 12.9% относительно контроля, N90P90K90 + навоз 25 т/га – на 16.6, N135P135K135 + навоз 25 т/га – на 18.8, N45P45K45 + навоз 50 т/га – на 12.9%. Лучшее последствие проявила система удобрения N135P135K135 + навоз 25 т/га.

Повышение урожайности ячменя относительно варианта без удобрений в 1-й ротации составило 3.14–17.0, во 2-й – 15.7–31.5, в 4-й – 18.7–38.7, в 5-й – 25.7–46.6, в 6-й – 15.4–32.7, в 7-й – 12.9–21.6, в 8-й – 28.2–53.7, в 9-й – 21.1–50.0% (табл. 2). Урожайность ячменя в удобренных вариантах повышалась от 1-й ротации к 4-й ротации, в даль-

Таблица 1. Влияние последствия удобрений на урожайность ячменя (1–9-я ротации, 1936–2017 гг.), ц/га

| Ротации | | | | | | | | | Среднее |
|------------------------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|---------|
| 1-я | 2-я | 3-я | 4-я | 5-я | 6-я | 7-я | 8-я | 9-я | |
| Без удобрений | | | | | | | | | |
| 15.9 | 14.6 | – | 22.5 | 20.6 | 31.2 | 26.4 | 25.5 | 16.6 | 21.7 |
| N45P45K45 + навоз 25 т/га | | | | | | | | | |
| 16.4 | 16.9 | – | 26.7 | 25.9 | 36.0 | 29.8 | 32.7 | 21.0 | 25.7 |
| N90P90K90 + навоз 25 т/га | | | | | | | | | |
| 18.6 | 17.9 | – | 30.2 | 27.7 | 39.9 | 30.7 | 37.7 | 22.6 | 28.2 |
| N135P135K135 + навоз 25 т/га | | | | | | | | | |
| 18.4 | 19.2 | – | 31.2 | 30.2 | 41.4 | 32.1 | 39.2 | 24.9 | 29.6 |
| N45P45K45 + навоз 50 т/га | | | | | | | | | |
| 17.1 | 17.0 | – | 29.2 | 28.0 | 39.5 | 31.1 | 36.7 | 20.1 | 27.3 |

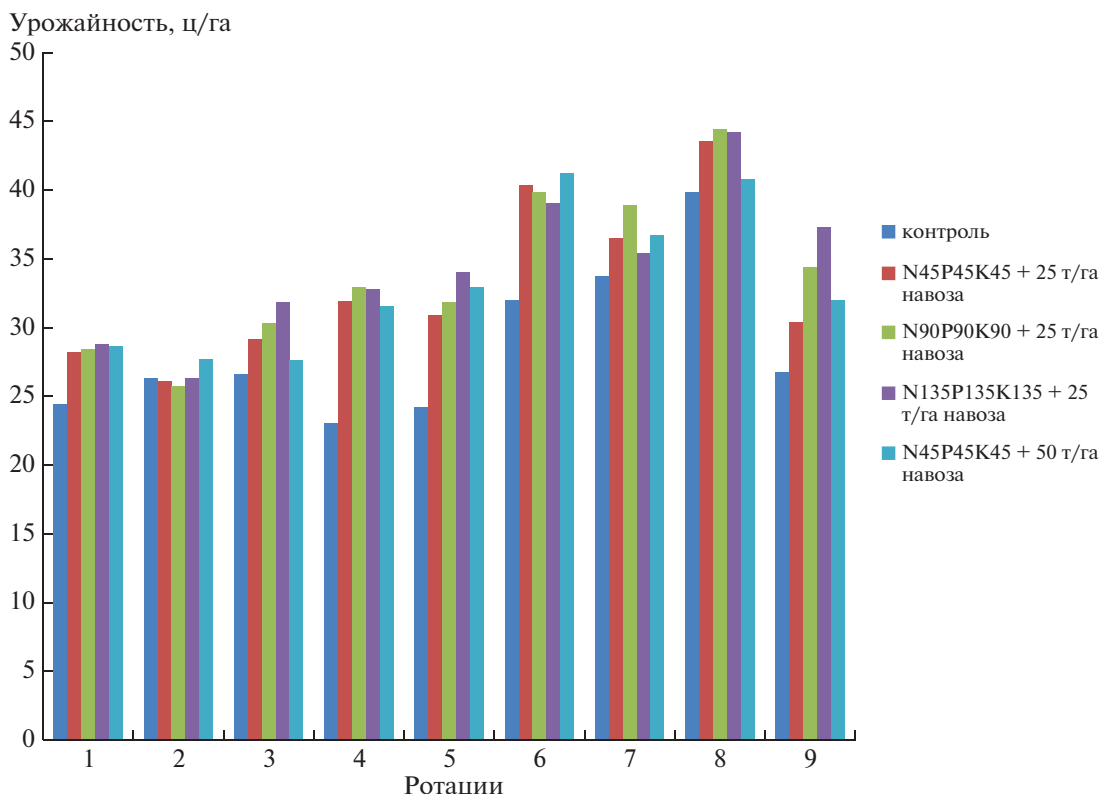


Рис. 2. Урожайность озимой пшеницы в звене с черным паром (1–9-я ротации, 1936–2017 гг.), ц/га.

нейшем также увеличивалась к 6–8-й ротациям и несколько снижалась в 9-й ротации, то же происходило и в контроле.

С увеличением длительности опыта росли прибавки урожайности: уже после 15 лет последствие были значительными, еще через 30 лет продолжалось их увеличение, в дальнейшем насту-

Таблица 2. Влияние последствия удобрений на урожайность озимой пшеницы в звене с клевером (1–9-я ротации, 1936–2017 гг.), ц/га

| Ротации | | | | | | | | | Среднее |
|------------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|---------|
| 1-я | 2-я | 3-я | 4-я | 5-я | 6-я | 7-я | 8-я | 9-я | |
| Без удобрений | | | | | | | | | |
| – | – | 14.8 | 23.7 | 28.5 | 36.0 | 31.7 | 32.5 | 22.7 | 27.1 |
| N45P45K45 + навоз 25 т/га | | | | | | | | | |
| – | – | 17.4 | 29.2 | 33.9 | 39.2 | 33.8 | 35.5 | 25.4 | 30.6 |
| N90P90K90 + навоз 25 т/га | | | | | | | | | |
| – | – | 17.9 | 30.6 | 33.2 | 38.8 | 32.9 | 38.7 | 29.1 | 31.6 |
| N135P135K135 + навоз 25 т/га | | | | | | | | | |
| – | – | 18.5 | 31.2 | 35.0 | 38.8 | 32.6 | 39.3 | 30.4 | 32.2 |
| N45P45K45 + навоз 50 т/га | | | | | | | | | |
| – | – | 16.7 | 30.6 | 32.4 | 39.1 | 32.7 | 37.2 | 25.8 | 30.6 |

пила стабилизация с подъемом в начале 2000 гг. и до настоящего времени. Урожайность ячменя сильно зависела от погодных условий, особенно от количества осадков, что подтверждено данными табл. 4.

Средняя урожайность ячменя в 9-ти ротациях повышалась относительно контроля в вариантах N45P45K45 + навоз 25 т/га на 18.4, N45P45K45 + навоз 50 т/га – на 25.8, N90P90K90 + навоз 25 т/га – на 29.9, N135P135K135 + навоз 25 т/га – на 36.4% (лучшая доза в последствии).

Максимальный размах урожайности ячменя отмечен в варианте N45P45K45 + навоз 50 т/га (17.5–132%), несколько меньше – в вариантах без удобрений (8.9–114%), N90P90K90 + навоз 25 т/га (3.9–111%), N45P45K45 + навоз 25 т/га (3.1–119%), N135P135K135 + навоз 25 т/га (4.4–125%).

Максимальное последствие на урожайность зерна ячменя в 1-й, 2-й, 4-й, 9-й ротациях оказало применение N90P90K90 + навоз 25 т/га и N135P135K135 + навоз 25 т/га, в 5–8-й ротациях также N45P45K45 + навоз 50 т/га.

В 1-й ротации удобрения в последствии увеличивали урожайность зеленой массы клевера на 8.0–23.4, во 2-й – на 14.6–28.8, в 4-й – на 6.0–15.6, в 5-й – на 2.6–17.1, в 6-й – на 11.6–35.0, в 7-й – на 7.7–19.9, в 8-й – на 33.1–52.6, в 9-й – на 17.0–24.3% (табл. 3). От 1-й к 4-й ротации отмечено повышение урожайности и в контроле. В варианте

Таблица 3. Влияние последействия удобрений на урожайность зеленой массы клевера (1936–2017 гг.), т/га

| Ротации | | | | | | | | | Среднее |
|------------------------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|---------|
| 1-я | 2-я | 3-я | 4-я | 5-я | 6-я | 7-я | 8-я | 9-я | |
| Без удобрений | | | | | | | | | |
| 13.2 | 9.59 | – | 11.5 | 13.0 | 17.2 | 8.19 | 13.3 | 16.0 | 12.7 |
| N45P45K45 + навоз 25 т/га | | | | | | | | | |
| 15.8 | 11.0 | – | 12.3 | 15.2 | 20.8 | 9.59 | 19.1 | 19.6 | 15.4 |
| N90P90K90 + навоз 25 т/га | | | | | | | | | |
| 16.0 | 10.9 | – | 12.9 | 13.3 | 21.6 | 8.82 | 17.7 | 20.4 | 15.2 |
| N135P135K135 + навоз 25 т/га | | | | | | | | | |
| 17.1 | 11.8 | – | 12.9 | 17.0 | 19.2 | 9.82 | 19.9 | 20.0 | 17.9 |
| N45P45K45 + навоз 50 т/га | | | | | | | | | |
| 18.1 | 12.3 | – | 13.3 | 14.6 | 23.2 | 9.29 | 20.3 | 19.2 | 16.3 |

N45P45K45 + навоз 25 т/га с 1-й по 5-ю ротацию урожайность снижалась, в дальнейшем она повышалась (кроме 7-й ротации). В вариантах N90P90K90 + навоз 25 т/га и N45P45K45 + навоз 50 т/га с 1-й по 5-ю ротацию также отмечали некоторое снижение урожайности, затем она была больше среднего в ротациях (кроме 7-й ротации). Последействие системы N135P135K135 + навоз 25 т/га снижало урожайность клевера во 2–4-й ротациях (относительно 1-й ротации), в дальнейшем отмечали увеличение этого показателя.

Наибольшие прибавки урожайности зеленой массы клевера в 1-й, 2-й, 4-й, 7-й, 8-й ротациях обеспечивало последействие N135P135K135 + навоз 25 т/га и N45P45K45 + навоз 50 т/га, в 5-й рота-

ции – N45P45K45 + навоз 25 т/га и N135P135K135 + навоз 25 т/га, в 6-й ротации – N45P45K45 + навоз 50 т/га, N135P135K135 + навоз 25 т/га, в 9-й ротации – N90P90K90 + навоз 25 т/га и N135P135K135 + навоз 25 т/га.

Максимальный размах урожайности клевера отмечен в варианте N45P45K45 + навоз 50 т/га (43.2–149%), несколько меньший – в вариантах N90P90K90 + навоз 25 т/га (32.6–145%) и N45P45K45 + навоз 25 т/га (14.7–117%), минимальный – в варианте N135P135K135 + навоз 25 т/га (20.2–104%).

Средняя за все ротации урожайность зеленой массы клевера повышалась относительно контроля в вариантах N45P45K45 + навоз 25 т/га на 21.2, N45P45K45 + навоз 50 т/га – на 28.3, N90P90K90 + навоз 25 т/га – на 19.7, N135P135K135 + навоз 25 т/га – на 40.9% (лучшая доза в последействии). Последействие удобрений в среднем за 81 год обеспечило повышение урожайности культуры на 19.7–40.9% относительно неудообренного варианта.

Более всего среднегодовое количество осадков оказало влияние на озимую пшеницу в звене с клевером и ячмень: с увеличением доз удобрений в последействии в первом случае зависимость снижалась, во втором – возрастала. Также возрастала зависимость урожайности озимой пшеницы от осадков в звене с черным паром ($r = 0.463$ в контроле, 0.762 – при последействии N90P90K90 + навоз 25 т/га) (табл. 4). Корреляционная связь между урожайностью культур и среднегодовой температурой была в основном слабой и средней ($r = 0.128–0.593$), с увеличением доз удобрений она повышалась. Также увеличивалась зависимость урожайности ячменя от величины ГТК ($r = 0.727$ в контроле, для вариантов последействия удобрений – $r = 0.740–0.798$).

Таблица 4. Коэффициенты корреляции (r) урожайности культур и климатических параметров района исследования

| Озимая пшеница в звене с паром | | Озимая пшеница в звене с клевером | | Ячмень | | | Клевер | |
|--------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| осадки | t | осадки | t | осадки | t | ГТК | осадки | t |
| Без удобрений | | | | | | | | |
| 0.463 | 0.562 | 0.964 | 0.157 | 0.794 | 0.028 | 0.727 | 0.303 | 0.338 |
| N45P45K45 + навоз 25 т/га | | | | | | | | |
| 0.653 | 0.463 | 0.917 | 0.060 | 0.868 | 0.205 | 0.784 | 0.350 | 0.495 |
| N90P90K90 + навоз 25 т/га | | | | | | | | |
| 0.762 | 0.593 | 0.897 | 0.273 | 0.829 | 0.222 | 0.758 | 0.280 | 0.460 |
| N135P135K135 + навоз 25 т/га | | | | | | | | |
| 0.700 | 0.797 | 0.875 | 0.283 | 0.864 | 0.249 | 0.798 | 0.264 | 0.500 |
| N45P45K45 + навоз 50 т/га | | | | | | | | |
| 0.702 | 0.444 | 0.886 | 0.137 | 0.866 | 0.212 | 0.740 | 0.215 | 0.365 |

ВЫВОДЫ

1. За 81 год длительного опыта с удобрениями климат района исследования стал более теплым и влажным (среднегодовая температура повысилась на 3.1°C, количество осадков возросло на 25.3%).

2. Отмечено значительное последствие удобрений, внесенных в течение более 80-ти лет, на урожайность зерновых культур и клевера в зернопаропропашном севообороте лесостепи ЦЧР.

3. Наибольшее влияние на среднюю урожайность ячменя, клевера и озимой пшеницы в обоих звеньях севооборота оказало последствие системы удобрения N135P135K135 + навоз 25 т/га в пару.

4. Более всего последствие удобрений повлияло на среднюю урожайность зеленой массы клевера: увеличение относительно контроля составило 19.7–40.9%, менее всего – озимой пшеницы в клеверном звене (12.9–18.8%).

5. Наименьший размах варьирования урожайности зерна озимой пшеницы в звене с клевером и зеленой массы клевера в ротациях опыта отмечали при последствии N135P135K135 + навоз 25 т/га, зеленой массы клевера – N90P90K90 + навоз 25 т/га, озимой пшеницы в звене с паром – N45P45K45 + навоз 50 т/га.

6. Увеличение доз удобрений повышало в их последствии зависимость урожайности ячменя от осадков и температуры, клевера – от среднегодовой температуры, озимой пшеницы в звене с паром – от осадков, тогда как озимой пшеницы в звене с клевером – снижало зависимость от осадков.

7. Наиболее быстро последствие удобрений оказало влияние на урожайность ячменя (через 15 лет) и зеленой массы клевера (через 18 лет), наименее быстро – озимой пшеницы в звене с черным паром (через 40 лет).

8. Повышение урожайности зерновых культур при последствии удобрений в 8–9-й ротациях объяснялось также потеплением климата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуреев И.И., Агибалов А.В. Производство сахарной свеклы без затрат ручного труда. Курск: ВНИИЗ и ЗПЭ, 2000. 124 с.
2. Проценко Е.П., Проценко А.А., Шустрова Н.В. Влияние удобрений и размещения в агроландшафте на продуктивность и особенности водопотребления // Сахарная свекла. 2007. № 2. С. 16–20.
3. Уваров Г.И., Журавлева Н.В., Журавлев К.Н., Соловьевиченко В.Д. Приемы повышения урожайности и качества корнеплодов в Белгородской области // Сахарная свекла. 2007. № 2. С. 22–23.
4. Черкасов Г.Н., Соколов Н.С., Воронин А.Н., Понедельченко М.Н., Трапезников С.В. Влияние погодных условий и минеральных удобрений на плодородие почвы и урожайность сахарной свеклы в Центральном Черноземье России // Интенсификация, ресурсосбережение и охрана почв в адаптивно-ландшафтных системах земледелия. Курск: ВНИИЗ и ЗПЭ, 2008. С. 401–405.
5. Никитишен В.И. К методике исследования агрохимии азота // Совершенствование организации и методологии агрохимических исследований в географической сети опытов с удобрениями. М.: ВНИИА, 2006. С. 12–16.
6. Удобрения, их свойства и способы использования / Под ред. Коренькова Д.А. М.: Колос, 1982. 415 с.
7. Шафран С.А. Использование балансового метода для прогнозирования последствия удобрений // Плодородие. 2004. № 1. С. 13–14.
8. Кирпичников Н.А., Адрианов С.Н., Волосатова Е.А. Последствие фосфорных удобрений // Плодородие. 2004. № 1. С. 11–13.
9. Иванова С.Е., Романенков В.А., Никитина Л.В. Результаты научного проекта по совершенствованию рекомендаций по внесению калийных удобрений в России в 2014 г. // Вестн. Международ. ин-та питания растений. 2015. № 4. С. 2–4.
10. Лукин С.М., Еськов А.И. Длительность действия органических удобрений // Плодородие. 2004. № 1. С. 15–16.

Influence of Fertilizers' Aftereffect upon Crop Yield in Grain-Arable Crop Rotation of the Forest-Steppe of Central Black-Earth Region

O. A. Minakova^{a, #}, L. V. Alexandrova^a, and T. N. Podvigina^a

^a All-Russian Research Institute of Sugar Beet and Sugar named A.L. Mazlumov p. VNIISS, Voronezh region, Ramonsky district 396030, Russia

[#]E-mail: olalmin2@rambler.ru

Aftereffect of fertilizers applied for a long time in grain-beet crop rotation increased yield of clover green mass most of all (by 19.7–40.9%), barley to a less extent (18.4–36.4%), and winter wheat the least of all (12.9–20.7%). The greatest aftereffect had N135P135K135 system applied for sugar beet, with the background of 25 t/hectare of manure in fallow.

Key words: fertilizers' aftereffect, crop yield, grain-arable crop rotation, forest-steppe, Central Black-Earth region.