

4.1.1. – Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

УДК 631.51:631.8:631.582

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.006.48-55

Взаимосвязь агрометеорологических условий, плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности культур полевого опыта

¹Алексей Иванович Беленков✉, e-mail: belenokaleksis@mail.ru, д.с.-х.н., ORCID: 0000-0003-0422-4936

²Валерий Дмитриевич Полин, к. с.-х.н., ORCID: 0000-0003-3631-0169

³Владимир Антонович Николаев, к. с.-х. н., ORCID: 0000-0001-8974-3609

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса», vniikormov@mail.ru, 141055, г. Лобня, Научный городок, Московская область

²АНО «Агротехнический инновационный центр», ano-aic@mail.ru, 127550, ул. Костякова 12, Москва, Россия

³ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», info@rgau-msha.ru, 127434, ул. Тимирязевская 49, Москва, Россия

Аннотация. Полевые эксперименты зависят от индивидуального вклада каждого из изучаемых факторов, влияющих на урожайность сельскохозяйственных культур. Поэтому важное значение имеет определение влияния агрометеорологических условий, отдельных показателей почвенного плодородия на продуктивность культур зернопропашного севооборота. Объект исследований – культуры зернопропашного севооборота Центра точного земледелия (ЦТЗ) РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва. Методы исследований – общепринятые для подобного рода исследований. Цель исследований – определить участие основных метеоусловий и показателей плодородия почвы в формировании соответствующей урожайности культур зернопропашного севооборота. Установлено влияние метеорологических показателей периода вегетации, в связи с чем годы исследования разбиты на соответствующие группы благоприятных, средних и неблагоприятных лет. В результате отмечено их раздельное воздействие на агрофизические, биологические и агрохимические свойства почвы, а также установлено влияние приемов основной обработки почвы на урожайность полевых культур. За 14-летний срок существования опыта ЦТЗ, при участии каждого из авторов в проведении полевых учетов и наблюдений, установлено, что урожайность викоовсяной смеси на корм по отвальной обработке выше, чем по нулевой на 2,0 т/га, озимой пшеницы – на 0,3 т/га, картофель сформировал урожайность по вспашке на 2,3 т/га больше, чем по минимальной обработке, ячмень по вариантам отвальной и минимальной обработок почвы обеспечивал одинаковую продуктивность. В соответствии с полученными результатами появляется возможность с достаточной степенью вероятности прогнозировать возможность получения той или иной продуктивности, исходя из анализируемых факторов и условий.

Ключевые слова: полевой опыт, плодородие, обработка почвы, урожайность, зерновые культуры, метеоусловия, показатели плодородия почв.

Цитирование. Беленков А.И., Полин В.Д., Николаев В.А. Взаимосвязь агрометеорологических условий, плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности культур полевого опыта // Научно-агрономический журнал. 2024. 1(124). С. 48-55. DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.006.48-55

Поступила в редакцию: 27.01.2024

Принята к печати: 06.03.2024

Введение. Исследования, проведенные авторами настоящей статьи, являются новаторскими и мало освещенными в научной литературе, особенно в части комплексного их представления. Имеются разрозненные данные различных авторов, касающиеся узкого круга вопросов: отдельного влияния метеоусловий [2; 7], основных показателей почвенного плодородия [3-5; 9] на урожайность сельскохозяйственных культур. Этого явно недостаточно при проведении полноценных исследований, касающихся изучения всего круга предлагаемых и предполагаемых факторов.

Современное сельское хозяйство основано на применении новых почвообрабатывающих машин и орудий, позволяющих в значительной мере сохранять и поддерживать плодородие пахотных земель на должном уровне, стабильно наращивать урожайность полевых культур, экономно и эффек-

тивно использовать природный и техногенный ресурсный потенциал. Особенно важна экологическая и энергосберегающая составляющая современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, в первую очередь, касающаяся совершенствования приемов и способов обработки почвы как под отдельные культуры, так и в севооборотах с учетом биологических особенностей растений и ресурсного потенциала товаропроизводителей. Современным системам земледелия соответствуют дифференцированные технологии основной обработки почвы в зависимости от биологических особенностей культур, ландшафтных условий, засоренности полей, климатических условий, степени проявления эрозии, наличия паров и ряда других сопутствующих условий [6; 10].

В связи с этим возникла необходимость комплексного изучения данной проблематики, в пер-

вую очередь, для данной зоны исследований, что и обусловило актуальность и новизну их проведения. В этом заключается целесообразность и перспективность анализа для достижения указанной цели.

Цель исследования – определить участие основных метеоусловий и показателей плодородия почвы в формировании соответствующей урожайности культур зернопропашного севооборота.

Материалы и методы. В полевом опыте Центра точного земледелия (ЦТЗ), заложенного в 2008 г. в РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, производилось сравнительное изучение приемов основной обработки почвы, по два под каждую культуру зернопропашного севооборота. Под викоовсяную смесь на корм и озимую пшеницу почву обрабатывали отвальным оборотным плугом, другой вариант механической обработки почвы не предполагался, т.е. посев культур без обработки (прямой посев). На картофеле и ячмене сравнивали вспашку с минимальной обработкой комбинированным агрегатом. Агротехника в опыте – общепринятая для зоны. Все агроприемы по возделыванию и уходу за посевами выполнялись машинами, орудиями импортного производства фирмы Amazone, контролировались системой точного (прецизионного) земледелия GPS [1, с. 256-278].

В задачу полевого опыта, помимо прочих, входило установление влияния складывающихся метеоусловий периода вегетации на урожайность полевых культур и показатели плодородия дерново-подзолистой почвы. В связи с этим в опыте определялись следующие показатели соответствующими методами: проводился учет метеопоказателей по данным университетской метеостанции имени В.А. Михельсона, урожайности зерновых культур и картофеля – методом прямого комбай-

нирования, биологического урожая вики с овсом на корм – поделаночно с использованием учетной рамки, влажности почвы – термостатно-весовым методом, плотности почвы – методом режущего кольца, твердости почвы – с использованием прибора твердомера, биологической активности почвы – по распаду льняного полотна, биологической токсичности – по методике растительных тестов, засоренности посевов – количественно-весовым методом, гумуса – по Тюрину, содержание общего азота – колориметрическим методом, фосфора и обменного калия – по Кирсанову [2].

Результаты и их обсуждение. В таблице 1 приведены данные температуры воздуха, количества выпавших осадков за период активной вегетации с.-х. культур (апрель-май) за весь срок проведения опыта ЦТЗ, среднемноголетние данные за тот же период, а также разница между двумя указанными значениями за каждый год и условная оценка периода по агрометеорологическим данным. Ниже приводится деление на группы по температуре и количеству осадков, их соответствующая оценка (таблица 2).

Согласно взаимодействия приводимых метеопоказателей и их совокупной общей оценки к благоприятным периодам следует отнести 2 года: 2009 и 2015.

Здесь отмечалась умеренная средняя температура воздуха на уровне 14,0-15,0°C и достаточное количество выпадающих осадков – 300-400 мм. Это стимулировало получение наибольшей урожайности всех культур именно в эти годы. К числу средних по метеоусловиям лет можно отнести 2012, 2013, 2014, 2016, 2017, 2018 и 2022 гг. Оптимальная температура воздуха здесь находилась на уровне 15,0-16,0°C со средним количеством выпавших осадков 250-300 и 400-450 мм.

Таблица 1. Метеоусловия периода активной вегетации сельскохозяйственных культур (апрель-август 2009-2022 гг.)

| Показатель | Годы | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Сред |
| Температура воздуха, °C | 14,3 | 18,7 | 15,6 | 16,0 | 16,2 | 16,0 | 14,9 | 16,4 | 13,6 | 16,3 | 15,4 | 16,2 | 16,7 | 15,3 | 15,7 |
| Среднемноголетняя температура воздуха, °C 14,2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Разница по температуре воздуха, °C (±) | +0,1 | +4,5 | +1,4 | +1,8 | +2,0 | +1,8 | +0,7 | +2,2 | -0,6 | +2,1 | +1,2 | +2,0 | +2,5 | +1,1 | +1,5 |
| Количество осадков, мм | 313 | 202 | 246 | 343 | 421 | 238 | 377 | 399 | 448 | 241 | 233 | 510 | 452 | 295 | 345,0 |
| Среднемноголетнее количество осадков, мм 332,0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Разница по количеству осадков, мм (±) | -19 | -130 | -86 | +11 | +89 | -94 | +45 | +67 | +116 | -91 | -99 | +178 | +120 | -37,0 | +13,0 |
| Оценка периода по метеоусловиям | Благ | Небл | Небл | Сред | Сред | Сред | Благ | Сред | Сред | Сред | Небл | Сред | Небл | Сред | Сред |

Примечание: характеристика метеоусловий периода вегетации: благ – благоприятные, сред – средние, небл – неблагоприятные.

Таблица 2. Оценка основных метеорологических показателей по влиянию на урожайность сельскохозяйственных культур

| | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|-----------|----------------|------------------|
| Температура, °С | 13,6-14,0 | 14,1-14,5 | 14,6-15,0 | 15,1-15,5 | 15,6-16,0 | 16,1-16,5 | 16,6-17,0; >18,0 |
| Оценка по температуре воздуха, °С | Среднее | Благоприятно | Благоприятно | Среднее | Среднее | Среднее | Неблагоприятно |
| Осадки | 200-250 | 251-300 | 301-350 | 351-400 | 401-450 | 451-500 | 501-550 |
| Оценка по количеству осадков, мм | Неблагоприятно | Среднее | Благоприятно | Благоприятно | Среднее | Неблагоприятно | Неблагоприятно |
| Комплексная оценка периода | Среднее | Благоприятно | Благоприятно | Благоприятно | Среднее | Неблагоприятно | Неблагоприятно |

Таблица 3. Оценка продуктивности с.-х. культур по группам и величине урожайности по годам в зависимости от складывающихся метеоусловий

| Викоовсяная смесь на корм | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|--|
| Урожайность по группам, т/га | < 10 | | 10-20 | | | | 20-25 | | | | | | >25 | | |
| Урожайность по вспашке, т/га | 7,6 | 9,5 | 10,8 | 13,8 | 14,6 | 20,5 | 20,6 | 21,3 | 22,1 | 22,6 | 22,8 | 24,5 | 25,3 | 31,2 | |
| Год | 2019 | 2021 | 2011 | 2018 | 2022 | 2010 | 2012 | 2009 | 2013 | 2020 | 2017 | 2014 | 2016 | 2015 | |
| Урожайность по нулевой обработке, т/га | 3,8 | 6,0 | 8,3 | 9,4 | 11,0 | 11,1 | 11,5 | 19,4 | 24,3 | 25,0 | 25,3 | 27,3 | 27,5 | 28,9 | |
| Год | 2019 | 2017 | 2022 | 2011 | 2020 | 2021 | 2018 | 2010 | 2013 | 2009 | 2014 | 2012 | 2016 | 2015 | |
| Озимая пшеница | | | | | | | | | | | | | | | |
| Урожайность, по группам, т/га | <4 | | | | | 4-6 | | | | | >6 | | | | |
| Урожайность по вспашке, т/га | 1,65 | 2,75 | 3,13 | 3,59 | 3,68 | 4,26 | 4,70 | 5,00 | 5,46 | 5,46 | 6,12 | 6,31 | 6,73 | 6,74 | |
| Год | 2022 | 2014 | 2021 | 2019 | 2011 | 2009 | 2010 | 2016 | 2017 | 2018 | 2013 | 2012 | 2020 | 2015 | |
| Урожайность по нулевой обработке, т/га | 0,66 | 1,00 | 2,55 | 3,54 | 3,98 | 4,59 | 4,83 | 5,13 | 5,14 | 5,52 | 5,87 | 5,96 | 6,15 | 6,73 | |
| Год | 2022 | 2021 | 2019 | 2011 | 2010 | 2014 | 2018 | 2017 | 2009 | 2016 | 2013 | 2020 | 2012 | 2015 | |
| Картофель | | | | | | | | | | | | | | | |
| Урожайность по группам, т/га | <20 | | 20-25 | | | 25-30 | | | 30-35 | | | >40 | | | |
| Урожайность по вспашке, т/га | 19,9 | 23,0 | 23,5 | 23,7 | 24,4 | 25,1 | 25,8 | 27,4 | 28,0 | 28,6 | 31,0 | 31,4 | 33,5 | 40,2 | |
| Год | 2012 | 2010 | 2022 | 2021 | 2011 | 2014 | 2017 | 2018 | 2020 | 2013 | 2016 | 2015 | 2019 | 2009 | |
| Урожайность по минимальной обработке, т/га | 18,3 | 20,0 | 20,4 | 22,5 | 23,0 | 24,6 | 24,8 | 25,1 | 25,2 | 25,9 | 26,2 | 26,7 | 27,5 | 36,9 | |
| Год | 2012 | 2010 | 2022 | 2017 | 2011 | 2014 | 2020 | 2021 | 2018 | 2013 | 2015 | 2016 | 2019 | 2009 | |
| Ячмень | | | | | | | | | | | | | | | |
| Урожайность по группам, т/га | <2 | | 2-3 | | | 3-4 | | | 4-5 | | | >5 | | | |
| Урожайность по вспашке, т/га | 1,62 | 2,00 | 2,62 | 2,69 | 2,86 | 3,41 | 3,70 | 3,85 | 4,03 | 4,29 | 4,33 | 5,16 | 5,20 | 5,52 | |
| Год | 2022 | 2021 | 2019 | 2011 | 2020 | 2010 | 2018 | 2014 | 2016 | 2017 | 2012 | 2013 | 2009 | 2015 | |
| Урожайность по минимальной обработке, т/га | 1,58 | 1,82 | 2,48 | 2,76 | 2,96 | 3,02 | 3,79 | 3,99 | 4,01 | 4,04 | 4,20 | 5,00 | 5,22 | 5,59 | |
| Год | 2022 | 2021 | 2020 | 2019 | 2011 | 2010 | 2018 | 2016 | 2014 | 2017 | 2012 | 2013 | 2015 | 2009 | |

Примечание: характеристика метеоусловий периода вегетации: ■ – благоприятные, ■ – средние, ■ – неблагоприятные.

Сочетания различных по температуре и количеству осадков периодов, относящихся к различным группам, совокупно позволяет выделить эти спор-

ные периоды как средние и благоприятные.

Комплекс, складывающихся метеопараметров со средней температурой от 16,6 до 17 и более °С,

а также количеством осадков от 450 до 550 мм позволяет отнести две последние группы к числу неблагоприятных условий, сюда же входит группа с осадками 200-250 мм.

Приводимые метеоданные позволили интерполировать их и установить связь с урожайностью сельскохозяйственных культур [7; 8].

Распределение культур по группам урожайности обуславливает возможность отнести их по разным величинам и сделать вывод о динамике продуктивности по отдельным периодам опытных исследований (таблица 3).

В зависимости от формируемой урожайности викоовсяной смеси на корм определены группы по абсолютной величине. Урожайность культуры приведена по возрастающей. Показатели культуры с урожайностью зеленой массы 7,6 т/га по вспашке и 3,8 т/га по нулевой обработке в 2019 г. отнесены к группе с урожайностью <10 т/га, т.е. как неблагоприятной. В таблице 3 указаны урожайные данные по обработкам почвы, полученные в этот период. Сюда следует отнести группу в интервале 10-20 т/га, где представлены на отвальном варианте 2021, 2011, 2018 и 2019 гг. Следует дополнить группу с неблагоприятным влиянием на продуктивность, относящуюся только к варианту нулевой обработки: 2021, 2018, 2010 гг. Группа урожайности вики с овсом 20-25 т/га отнесена к группе со средней урожайностью, к ней отнесены 7 лет с использованием отвальной обработки: 2010, 2012, 2009, 2013, 2020, 2017, 2014. По нулевой обработке первые 3 года отнесены к неблагоприятным по урожайности, 5 последних – к благоприятным, поскольку урожайность превосходила 25 т/га. К благоприятному периоду относят 2016 и 2015 гг.

По величине урожайности озимой пшеницы в отдельные годы также определены три группы. Неблагоприятная с величиной <4 т/га по отвальной обработке включала в порядке нарастания продуктивности 2022, 2014, 2021, 2019, 2011 гг., по нулевой обработке – 2022, 2021, 2019, 2011, 2010 гг. Средняя группа с урожайностью 4-6 т/га содержала 5 лет по отвальной обработке: 2009, 2010, 2016, 2017, 2018 гг.; 6 лет по нулевой обработке: 2014, 2018, 2017, 2009, 2016, 2013 гг. Из числа благоприятных периодов по урожайности >6 т/га на вспашке отмечаем 2013, 2014, 2020 и 2015 гг., на прямом посеве – 2020, 2012 и 2015 гг.

По продуктивности картофеля за годы исследований условно выделено шесть групп. Первая неблагоприятная с урожайностью <20 и 20-25 т/га по вспашке включала 2012, 2010, 2022, 2021 и 2011 гг., по минимальной обработке перечень выглядел так: 2012, 2010, 2022, 2017, 2011, 2014, 2020 гг. Урожайность по группам возрастала последовательно. Средний период с продуктивностью картофеля 25-30 т/га включал по отвальной обработке 2014, 2017, 2018, 2020, 2013 гг., по минимальной – 2021, 2018, 2013, 2015, 2016, 2019 гг. Группа с максимальной урожайностью 30-35 и >40 т/га состояла по отвальному варианту: 2016, 2015, 2019,

2009 гг., по минимальному фону можно отметить только 2009 г.

По величине урожая зерна ячменя также разбито шесть групп. Группа с неблагоприятным влиянием объединяла <2 и 2-3 т/га. По обеим обработкам зафиксированы 5 интервалов, но в различной последовательности. Отвальная обработка включала 2022, 2021, 2019, 2011 и 2020 гг., минимальная – 2022, 2021, 2020, 2019, 2011. Группа средних урожаев 3-4 и 4-5 т/га объединяла обработку почвы в такой последовательности на вспашке: 2010, 2018, 2014, 2016, 2017 гг. Последняя группа с урожайностью более 5 т/га объединяла 2013, 2009, 2015 гг. по отвальной обработке.

Таблица 4 содержит информацию об урожайности культур в полевом опыте ЦТЗ за 14-летний срок его активного существования. Урожайность, приводимая здесь по различным обработкам почвы, сопровождалась принадлежностью к той или иной группе урожаев из предыдущей таблицы и данные окрашены соответствующим цветом. В нижней части таблицы представлена комплексная оценка по каждому году, включающая и влияние метеословий. За четырнадцатилетний период выявлено, что к числу благоприятных можно отнести только 2 года 2009 и 2015, семь лет из общего перечня можно охарактеризовать как средние по метеословиям и пять относятся к неблагоприятным. В целом, общая оценка периода исследований 2009-2022 гг. признается средней.

Приемы основной обработки почвы на урожайность культур влияли следующим образом. Викоовсяная смесь на зеленый корм в отдельные годы положительно реагировала на нулевую обработку, особенно в первой половине проведения опыта. К его завершению повышенная засоренность посевов и отдельные нарушения в агротехнике послужили причиной существенного снижения урожая на прямом посеве. В среднем за период исследований урожайность по вспашке была выше, чем при нулевой обработке на 2,0 т/га.

Озимая пшеница также неоднозначно реагировала на обработку почвы. По многим годам до середины срока отмечалось преимущество нулевой обработки, затем, в силу указанных ранее причин, отвальная обработка была эффективнее прямого посева. В среднем за представленный период разница составила 0,3 т/га в пользу вспашки.

Картофель по большинству лет лучше отзывался на отвальную обработку, исключение составил 2021 г. Различия между обработками 2,3 т/га.

Относительно влияния приема обработки почвы на урожайность ячменя трудно выявить преимущество одной из них.

Складывающиеся метеословия в период вегетации оказывали непосредственное влияние на различные показатели почвенного плодородия. В таблице 5 приведены данные по влиянию различных обработок почвы в разные по метеословиям годы (характеристика лет указана в таблицах 1, 2).

Таблица 4. Урожайность культур зернопропашного севооборота в различные по метеоусловиям годам и в зависимости от приема обработки почвы, т/га

| Обработка почвы | Годы | | | | | | | | | | | | | | Среднее за период |
|---------------------------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------------------|
| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | |
| Викоовсяная смесь на корм | | | | | | | | | | | | | | | |
| Отвальная | 21,3 | 20,5 | 10,8 | 20,6 | 22,1 | 24,5 | 31,2 | 25,3 | 22,8 | 13,8 | 7,6 | 22,6 | 9,5 | 14,6 | 19,1 |
| Нулевая | 25,0 | 19,4 | 9,4 | 27,3 | 24,3 | 25,3 | 28,9 | 27,5 | 6,0 | 11,5 | 3,8 | 11,0 | 11,1 | 8,3 | 17,1 |
| НСР, т/га | 2,40 | 1,1 | 0,60 | 3,10 | 2,0 | 0,83 | 3,07 | 3,10 | 4,35 | 2,20 | 2,8 | 6,9 | 2,2 | 4,5 | - |
| Озимая пшеница | | | | | | | | | | | | | | | |
| Отвальная | 4,26 | 4,70 | 3,68 | 6,31 | 6,12 | 2,75 | 6,74 | 5,00 | 5,46 | 5,46 | 3,59 | 6,73 | 3,13 | 1,65 | 4,70 |
| Нулевая | 5,14 | 3,98 | 3,54 | 6,15 | 5,87 | 4,59 | 6,73 | 5,52 | 5,13 | 4,83 | 2,55 | 5,96 | 1,00 | 0,66 | 4,40 |
| НСР, т/га | 0,42 | 0,59 | 0,22 | 0,14 | 0,19 | 1,42 | 0,11 | 0,39 | 0,29 | 0,47 | 0,50 | 0,52 | 0,77 | 0,42 | - |
| Картофель | | | | | | | | | | | | | | | |
| Отвальная | 40,2 | 23,0 | 24,4 | 19,9 | 28,6 | 25,1 | 31,4 | 31,0 | 25,8 | 27,4 | 33,5 | 28,0 | 23,7 | 23,5 | 27,5 |
| Минимальная | 36,9 | 20,0 | 23,0 | 18,3 | 25,9 | 24,6 | 26,2 | 26,7 | 22,5 | 25,2 | 27,5 | 24,8 | 25,1 | 20,4 | 24,8 |
| НСР, т/га | 1,18 | 1,04 | 0,90 | 0,56 | 0,16 | 0,90 | 1,08 | 2,11 | 2,28 | 1,79 | 2,12 | 2,02 | 2,12 | 3,02 | - |
| Ячмень | | | | | | | | | | | | | | | |
| Отвальная | 5,20 | 3,41 | 2,69 | 4,33 | 5,16 | 3,85 | 5,52 | 4,03 | 4,29 | 3,70 | 2,62 | 2,86 | 2,00 | 1,62 | 3,66 |
| Минимальная | 5,59 | 3,02 | 2,96 | 4,20 | 5,00 | 4,01 | 5,22 | 3,99 | 4,04 | 3,79 | 2,76 | 2,48 | 1,82 | 1,58 | 3,60 |
| НСР, т/га | 0,26 | 0,31 | 0,25 | 0,90 | 0,13 | 0,17 | 0,28 | 0,19 | 0,16 | 0,11 | 0,14 | 0,25 | 0,33 | 0,08 | - |
| Оценка по взаимодействию | Благ | Небл. | Небл. | Сред | Сред | Сред | Благ | Сред | Сред | Сред | Небл | Сред | Небла | Небл | Среднее |

Примечание: влияние метеоусловий периода вегетации на урожайность с.-х. культур: благ – благоприятное, сред – среднее, небл – неблагоприятное.

Таблица 5. Взаимосвязь метеопказателей и агрофизических свойств почвы (среднее за 2009-2022 гг.)

| Обработка почвы | Плотность почвы, г/см ³ | | | Твердость почвы, КПА | | | Влажность почвы, % | | |
|--------------------|------------------------------------|-------|---------|----------------------|-------|---------|--------------------|-------|---------|
| | благ. | сред. | неблаг. | благ. | сред. | неблаг. | благ. | сред. | неблаг. |
| Вико-овсяная смесь | | | | | | | | | |
| Отвальная | 1,29 | 1,31 | 1,31 | 50 | 58 | 65 | 15,0 | 12,1 | 10,8 |
| Нулевая | 1,31 | 1,33 | 1,34 | 60 | 62 | 69 | 14,4 | 12,7 | 11,6 |
| Озимая пшеница | | | | | | | | | |
| Отвальная | 1,28 | 1,29 | 1,29 | 55 | 57 | 69 | 13,5 | 11,0 | 9,7 |
| Нулевая | 1,32 | 1,33 | 1,36 | 62 | 64 | 72 | 12,5 | 12,0 | 10,9 |
| Картофель | | | | | | | | | |
| Отвальная | 1,27 | 1,30 | 1,30 | 27 | 33 | 35 | 14,5 | 14,2 | 13,3 |
| Минимальная | 1,31 | 1,32 | 1,34 | 36 | 40 | 42 | 14,0 | 12,8 | 12,8 |
| Ячмень | | | | | | | | | |
| Отвальная | 1,26 | 1,27 | 1,29 | 31 | 34 | 39 | 15,5 | 12,0 | 9,0 |
| Минимальная | 1,27 | 1,31 | 1,33 | 40 | 40 | 45 | 14,2 | 12,5 | 10,3 |

Примечание: характеристика метеоусловий периода вегетации: благ. – благоприятные, сред. – средние, неблаг. – неблагоприятные.

Плотность почвы под культурами зернопропашного севооборота имела тенденцию нарастания от благоприятных лет к менее благоприятным. Оно

было незначительным, составило порядка 0,02-0,03 г/см³. Наблюдалось увеличение плотности почвы по минимальной обработке, включая нулевую,

в сравнении со вспашкой. Так, нулевая обработка превышала отвальную по первым двум культурам на 0,02-0,04 г/см². Такие же различия отмечались между отвальной и минимальной обработкам на картофеле и ячмене.

Наибольшая величина твердости почвы отмечена в годы, неблагоприятные по метеоусловиям. По мере их ухудшения твердость возрастала в среднем на 5-10 КПа. Более твердой почва оказалась под озимой пшеницей и викоовсяной смесью при прямом посеве, разница со вспашкой в среднем по годам составила 3-5 КПа. Далее в порядке снижения показателя идет ячмень, замыкает перечень картофель, по которым минимальная обработка превышала вспашку от 6 до 10 КПа (таблица 5).

Влажность почвы, в зависимости от метеоусловий, разнилась несущественно, в пределах 2-5% в пользу более благоприятных лет. В среднем более высокой в благоприятный период она отмечалась по вспашке, в средние и неблагоприятные годы была выше при минимальной обработке, за исключением картофеля. Однако указанные различия были крайне невелики.

К числу определяющих относятся биологические показатели почвенного плодородия, также находящихся в прямой зависимости от основных агрометеорологических условий периода проведения опыта (таблица 6). Здесь указана зависимость ряда показателей от совокупного влияния метеоусловий.

Наибольшая величина биологической активности почвы из-за высоких доз применяемых удобрений отмечалась на картофеле, несколько ниже в благоприятный период и достаточно заметно она снижалась на зерновых культурах, менее активной

почва была под викией+овес. Прослеживалось снижение биологической активности почвы по мере ухудшения агрометеорологического состояния. Разница по годам определения составляла в среднем от 3 до 7-8%. В благоприятные годы при минимальных обработках почва была более активной, за исключением картофеля, в среднем и неблагоприятных периодах ситуация незначительно менялась в пользу отвальной обработки.

Биологическая токсичность почвы, являясь обратной величиной биологической активности, проявила свое максимальное значение на ячмене, вике с овсом, превышая озимую пшеницу на 3-4%, картофель – на 5-7%. Менее токсичной почва определена в благоприятные годы, она на 8-10% уступала последовательно сравниваемым периодам. Минимальная и нулевая обработки на 5-7% превышали по этому показателю отвальную, что характерно для всех культур и различных по метеоусловиям лет и согласуется с данными исследователей Гилева С.Д., Волынкиной О.В., Сурковой Ю.В. [4].

Более засоренными оказались посеvy викоовсяной смеси и ячменя, в первую очередь, в неблагоприятные годы. Количество сорняков в их посевах превосходило количество в посевах озимой пшеницы на 10-15 %, в картофеле – на 20-25%. Это связано как с биологическими особенностями культур, так и с агротехникой их возделывания. Отмечалось меньшее количество сорных растений по отвальной обработке сравнительно с нулевой и минимальной, разница доходила до 1,5 раз.

Зависимость основных метеоусловий, приемов основной обработки почвы и отдельных агрохимических показателей представлена в таблице 7.

Таблица 6. Взаимосвязь метеорологических показателей и биологических свойств почвы (среднее за 2009-2022 гг.)

| Обработка почвы | Биологическая активность почвы, %: | | | Биологическая токсичность почвы, %: | | | Засоренность посевов, шт./м ² | | |
|--------------------|------------------------------------|-------|---------|-------------------------------------|-------|---------|--|-------|---------|
| | благ. | сред. | неблаг. | благ. | сред. | неблаг. | благ. | сред. | неблаг. |
| Вико-овсяная смесь | | | | | | | | | |
| Отвальная | 26,3 | 25,0 | 24,1 | 33,0 | 46,9 | 49,0 | 27 | 45 | 66 |
| Нулевая | 27,0 | 24,2 | 21,7 | 50,1 | 53,0 | 54,0 | 65 | 99 | 112 |
| Озимая пшеница | | | | | | | | | |
| Отвальная | 28,4 | 26,6 | 21,3 | 33,6 | 45,2 | 46,9 | 22 | 38 | 58 |
| Нулевая | 29,4 | 24,6 | 19,1 | 46,7 | 51,7 | 56,2 | 77 | 70 | 94 |
| Картофель | | | | | | | | | |
| Отвальная | 30,3 | 28,1 | 26,3 | 28,2 | 33,3 | 42,3 | 23 | 30 | 42 |
| Минимальная | 29,1 | 26,5 | 24,8 | 43,0 | 47,5 | 51,8 | 35 | 47 | 59 |
| Ячмень | | | | | | | | | |
| Отвальная | 28,1 | 25,9 | 21,5 | 29,4 | 40,4 | 48,5 | 29 | 36 | 52 |
| Минимальная | 29,1 | 22,4 | 18,2 | 56,7 | 54,6 | 59,7 | 86 | 91 | 105 |

Примечание: характеристика метеоусловий периода вегетации: благ. – благоприятные, сред. – средние, неблаг. – неблагоприятные.

Таблица 7. Взаимосвязь метеопказателей и агрохимических свойств почвы (среднее за 2009-2022 гг.)

| Обработка почвы | Общий азот, % | | | Подвижный фосфор, мг/кг почвы | | | Обменный калий, мг/кг почвы | | |
|--------------------|---------------|--------|----------------|-------------------------------|--------|----------------|-----------------------------|--------|----------------|
| | благоприятно | средне | неблагоприятно | благоприятно | средне | неблагоприятно | благоприятно | средне | неблагоприятно |
| Вико-овсяная смесь | | | | | | | | | |
| Отвальная | 0,147 | 0,128 | 0,120 | 216,7 | 211,1 | 203,8 | 186,8 | 161,9 | 153,5 |
| Нулевая | 0,139 | 0,116 | 0,110 | 212,0 | 210,1 | 201,5 | 180,4 | 176,8 | 170,0 |
| Озимая пшеница | | | | | | | | | |
| Отвальная | 0,135 | 0,114 | 0,110 | 214,6 | 207,5 | 193,9 | 198,7 | 182,4 | 170,7 |
| Нулевая | 0,121 | 0,108 | 0,104 | 203,0 | 185,0 | 174,8 | 168,5 | 156,1 | 142,8 |
| Картофель | | | | | | | | | |
| Отвальная | 0,188 | 0,196 | 0,169 | 227,3 | 214,9 | 202,0 | 181,6 | 175,8 | 160,0 |
| Минимальная | 0,190 | 0,184 | 0,153 | 213,5 | 208,0 | 194,6 | 165,3 | 153,6 | 145,1 |
| Ячмень | | | | | | | | | |
| Отвальная | 0,125 | 0,108 | 0,115 | 215,1 | 200,7 | 193,9 | 194,8 | 188,3 | 178,6 |
| Минимальная | 0,120 | 0,111 | 0,111 | 201,2 | 182,4 | 177,0 | 183,0 | 174,9 | 165,4 |

В среднем за годы исследований наилучшим образом питательный режим почвы складывался в благоприятные по метеоусловиям годы, и прежде всего по отвальной обработке практически по всем культурам севооборота.

Так, наибольшее количество общего азота накапливалось под картофелем и викой с овсом. Под первую культуру вносили повышенные дозы комплексных минеральных удобрений, у второй культуры составляющим компонентом была вика. Несколько меньше азота содержалось под озимой пшеницей и ячменем, поскольку зерновые культуры в первую очередь активно используют азот. Минимальные обработки уступали отвальной сотые, тысячные доли процентов. Лучше почва была обеспечена подвижным фосфором в различные по метеоусловиям годы на варианте с отвальной обработкой по всем культурам, за исключением викоовсяной смеси на корм. Разница между обработками в среднем составила порядка 10 мг/кг почвы. Отмечалась лучшая обеспеченность фосфором почвы под викой с овсом и картофелем, особенно на вспашке. Динамика содержания обменного калия соответствовала ранее указанным закономерностям, больше его содержалось в благоприятные годы, и оно постепенно снижалось по мере ухудшения агрометеоусловий. По калию отмечалось наибольшее его накопление по зерновым культурам при плужной обработке почвы. Картофель, в силу повышенного выноса элемента, имел самое низкое содержание. Викоовсяная смесь занимала промежуточное положение. Различия между вариантами по различным культурам и годам составляли от 10 до 15 мг/кг почвы.

Заключение. Обобщая приводимые результаты, отмечаем зависимость урожайности опытных культур от складывающихся агрометеорологических условий, приемов основной обработки, уровня почвенного плодородия. В связи с чем существует возможность вероятной оценки будущей

продуктивности культуры, имея предварительные данные по метеоусловиям и основным почвенным показателям. И, наоборот, имея данные по урожайности, появляется возможность предварительной оценки внешних условий роста и развития растений, динамики почвенных режимов, что обуславливает возможности совершенствования современных агротехнологий.

Литература:

1. Агробиотехнологии XXI века / Научные и практические аспекты технологии точного земледелия в полевом опыте ЦТЗ: коллективная монография / ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева. – М.: ООО «Мегаполис», 2022. С. 256-278.
2. Беленков А.И., Береза Д.В. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой почвы под культурами зернопропашного севооборота // Агрохимический вестник. 2021. № 4. С. 3-8. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-4-001
3. Борин А.А., Коровина О.А., Лощинина А.Э. Эффективность различных технологий обработки почвы в севообороте // Владимирский земледелец. 2011. № 3. С. 21-22. EDN: OGYPYL
4. Гилев С.Д., Волынкина О.В., Суркова Ю.В. Влияние природных и агротехнических факторов на содержание гумуса в почве // Агрохимический вестник. 2020. № 4. С. 36-46. DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10053
5. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Назарова Т.О. Влияние систем удобрений и способов основной обработки почвы на урожайность культур, продуктивность севооборотов с разным насыщением бобовыми и плодородие дерново-подзолистой почвы в Центральном Нечерноземье почве // Агрохимический вестник. 2021. № 2. С. 15-22. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-2-003
6. Матюк Н. С., Полин В. Д. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2013. С. 222.
7. Матюк Н.С., Мазиров В.Д., Полин Н.В., Малахов М.А. Влияние разных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы // Земледелие. 2018. № 2. С. 33-36. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-4-10208
8. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии: учебник / Под ред. С.И. Зинченко. – Иваново: ПресСто. 2020. 282 с.

9. Чернявских В. И., Котлярова О. Г. Многовидовые фитоценозы и продуктивность эродированных почв в агроландшафтах Центрального Черноземья: монография. – Белгород: Политекра. 2010. 193 с.

10. Belenkov A.I., Mazirov M.F., Nikolaev V.A., Zinchenko S.I. Role and significance of treatment in modern farming systems. ASAGRT 2020. IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2021;843(1):012019. DOI:10.1088/1755-1315/843/1/012019

DOI: 10.34736/FNC.2024.124.1.006.48-55

Interrelation of Agrometeorological Conditions, Turf-Podzolic Soil Fertility and Field Experience Crops Productivity

¹Alexey I. Belenkov✉, e-mail: belenokaleksis@mail.ru, Dr. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0003-0422-4936

²Valery D. Polin, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0003-3631-0169

³Vladimir A. Nikolaev, Cand. Sci. (Agr.), ORCID: 0000-0001-8974-3609

¹Federal Scientific Center for Forage Production and Agroecology named after V.R. Williams, 141055, Moscow Region

²Agrochemical Innovation Center, 127550, Kostyakova str., 12, Moscow, Russia

³Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow

Abstract. Field experiments depend on the individual contribution of each of the studied factors affecting crop yields. Therefore, it is important to determine the agrometeorological conditions, individual indicators of soil fertility influence on the grain-row crop rotation crops productivity. The object of research is crops of grain-row crop rotation of the Center for Precision Agriculture (CPA) of the Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow. Research methods are generally accepted for this kind of research. The research purpose is to determine the participation of the main weather conditions and soil fertility indicators in the formation of the corresponding crop yield of the grain-row crop rotation. The influence of meteorological indicators of the growing season has been established, and therefore the research years are divided into appropriate groups of favorable, average and unfavorable years. As a result, their separate effects on the agrophysical, biological and agrochemical properties of the soil were noted, and the basic tillage techniques influence on the field crops yield was also established. Over the 14-year period of the CPA experience existence, it was found that the yield of the vetch-oat mixture for feed for dump processing is higher than zero by 2.0 t/ha, winter wheat – by 0.3 t/ha. Potatoes formed a yield for plowing by 2.3 t/ha more than for minimum processing. Barley provided the same productivity according to the options of dump and minimum soil treatments. Each of the authors takes participation in field surveys carrying out and observations. In accordance with the obtained results, it becomes possible to predict the possibility of obtaining a particular productivity based on the analyzed factors and conditions with a sufficient degree of probability.

Keywords: field experience, fertility, tillage, yield, grain crops, weather conditions, soil fertility indicators

Citation. Belenkov A.I., Polin V.D., Nikolaev V.A. Interrelation of Agrometeorological Conditions, Turf-Podzolic Soil Fertility and Field Experience Crops Productivity. *Scientific Agronomy Journal*. 2024; 1(124):48-55.

DOI:10.34736/FNC.2024.124.1.006.48-55

Received: 27.01.2024

Accepted: 06.03.2024

References:

1. Agrobiotechnology of the XXI century. Scientific and practical aspects of precision farming technology in the field experience of the Center for Precision Agriculture: a group monograph. Moscow. Megapolis LLC Publ. house. 2022. pp. 256-278. (In Russ.)
2. Belenkov A.I., Bereza D.V. Agrochemical characteristics of turf-podzolic soil under crops of grain-row crop rotation. *Agrokhimicheskij vestnik = Agrochemical Herald*. 2021;4:3-8. (In Russ.) DOI: 10.24412/1029-2551-2021-4-001
3. Borin A.A., Korovina O.A., Loshchinina A.E. The effectiveness of various tillage technologies in crop rotation. *Vladimirskij zemledelets = Vladimir agricolist*. 2011;3:21-22. (In Russ.) EDN: OGYPYL
4. Gilev S.D., Volynkina O.V., Surkova Yu.V. The influence of natural and agrotechnical factors on the humus content in the soil. *Agrokhimicheskij vestnik = Agrochemical Herald*. 2020;4:36-46. (In Russ.) DOI: 10.24411/1029-2551-2020-10053
5. Kononchuk V.V., Timoshenko S.M., Shtyrkhunov V.D., Nazarova T.O. The influence of fertilizer systems and basic tillage methods on crop yields, crop rotation productivity with different saturation of legumes and fertility of turf-podzolic soil in the Central Non-Chernozem region. *Agrokhimicheskij vestnik = Agrochemical Herald*. 2021;2:15-22. (In Russ.) DOI: 10.24412/1029-2551-2021-2-003
6. Matyuk N.S., Polin V.D. Resource-saving technologies of tillage in adaptive agriculture. Moscow. Russian State Agrarian University Publ. house. 2013. 222 p. (In Russ.)
7. Matyuk N.S., Mazirov V.D., Polin N.V., Malakhov M.A. The influence of different treatment systems and fertilizers on the turf-podzolic soil fertility. *Zemledelie*. 2018;2:33-36. (In Russ.) DOI: 10.24411/0044-3913-2018-4-10208
8. Resource-saving technologies of tillage in adaptive agriculture: textbook / Edited by S.I. Zinchenko. Ivanovo. PresSto Publ. house. 2020. 282 p. (In Russ.)
9. Chernyavskikh V.I., Kotlyarova O.G. Multi-species phytocenoses and eroded soils productivity in agricultural landscapes of the Central Chernozem region: monograph. Belgograd. Polyterra Publ. house. 2010. 193 p. (In Russ.)
10. Belenkov A.I., Mazirov M.F., Nikolaev V.A., Zinchenko S.I. Role and significance of treatment in modern farming systems. ASAGRT 2020. IOP Conference Series Earth and Environmental Science. 2021;843(1):012019. DOI:10.1088/1755-1315/843/1/012019

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования, ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author's contribution. Authors of this research paper have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. Authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. Authors declare no conflict of interest.