

ДЕЙСТВИЕ УДОБРЕНИЙ В ЗЕРНОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЕ С ОЧЕНЬ ВЫСОКИМИ ЗАПАСАМИ ФОСФОРА И КАЛИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ

О. Г. Кулеш, Е. Г. Мезенцева, О. А. Шедова, Н. Ю. Жабровская

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных признаков окультуренности дерново-подзолистых почв является содержание в них подвижных форм фосфора и калия. При этом приводимые в литературе оптимальные уровни содержания подвижного фосфора и эффективность внесения фосфорных удобрений при содержании фосфатов в почве выше оптимальных значений резко различаются между собой. По данным исследований, проводившихся на территории России, оптимальный уровень содержания подвижного фосфора в дерново-подзолистых почвах находится в пределах от 100 [1] до 200 мг/кг почвы [2–4]. Считается, что при содержании подвижных фосфатов выше 200 мг/кг почвы происходит снижение продуктивности и рост непроизводительных затрат основных элементов питания [5].

В Беларуси принятый интервал оптимальных параметров содержания подвижных фосфатов составляет 150–300 мг/кг почвы, калия – 100–300 мг/кг почвы [6]. Многочисленные исследования свидетельствуют о неэффективности внесения фосфорных удобрений при содержании фосфатов 300–400 мг/кг почвы и выше [7, 8]. В то же время И. М. Богдевич по результатам опытов [9] предлагает повысить диапазон оптимального содержания подвижных фосфатов до 400 мг/кг почвы, и отмечает, что по мере повышения интенсивности земледелия оптимальные уровни обеспеченности почв фосфором, калием и другими элементами минерального питания будут также несколько повышаться.

Установлено [10], что при высокой обеспеченности почвы фосфором и калием сельскохозяйственные культуры положительно реагируют лишь на азот удобрений, при почти полном отсутствии прибавок от фосфорных и калийных удобрений. При этом более эффективными считаются повышенные дозы азота (120 кг/га), обеспечивающие существенную мобилизацию почвенных запасов фосфора и калия.

В то же время отмечается, что применение моноазотной системы удобрения связано с неизбежным ухудшением фосфатно-калийного и гумусного состояния почвы. Считается [11], что для предотвращения деградации плодородия необходимо вносить не менее 11 т навоза на 1 га в год.

Таким образом, дерново-подзолистые высокообеспеченные фосфором и калием почвы обладают значительным потенциалом эффективного плодородо-

дия, что определяет их особую ценность для земледелия. Основной задачей агрохимических исследований в таких условиях должна быть разработка приемов питания растений, позволяющих полностью использовать эффективное плодородие почв и потенциальные возможности сортов сельскохозяйственных культур.

Необходимость установить целесообразные уровни применения органических и минеральных удобрений, которые обеспечивают высокую и устойчивую продуктивность сельскохозяйственных культур, возделываемых в зернопропашном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высоким содержанием подвижных соединений фосфора и калия, явилась целью наших исследований.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Стационарный опыт заложен на полях Института почвоведения и агрохимии, расположенных в ОАО «Гастелловское» Минского района Минской области, на высоко окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в двух последовательно открывающихся полях. Агрохимическая характеристика пахотного слоя: pH_{KCl} – 6,02–6,33, гумус – 2,07–2,40 %, содержание подвижных P_2O_5 – 736–847, K_2O – 387–432 мг/кг почвы.

Исследования проводились в зернопропашном севообороте со следующим чередованием культур: кукуруза на зеленую массу (2013–2014 гг.) – яровая пшеница (2014–2015 гг.) – яровой ячмень (2015–2016 гг.) – яровой рапс (2016–2017 гг.) – озимая пшеница (2017–2018 гг.).

Схема опыта включала 15 вариантов в 4-кратной повторности (60 опытных делянок). Общая площадь делянки – 24,0 м² (4,0 × 6,0 м).

В опыте предусматривалось внесение минеральных удобрений на двух органических фонах. Органические удобрения – навоз крупного рогатого скота со следующими показателями качества (в среднем за 2 года): N – 0,5 %, P_2O_5 – 0,3 %, K_2O – 0,6 %, CaO – 0,4 %, MgO – 0,12 %, влажность – 75 %, вносили осенью под первую культуру севооборота. Минеральные удобрения – карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий применяли в основное внесение и, кроме того, карбамид в подкормку согласно схеме опыта (табл. 3).

Агротехника возделывания культур в севообороте – общепринятая для Республики Беларусь, включающая интегрированную систему защиты растений от сорной растительности, вредителей и болезней.

Расчет экономической эффективности применения удобрений проводили по соответствующим методикам [12] с использованием следующих цен на удобрения и продукцию: стоимость 1 т кормовых единиц – 90 USD; затраты на уборку и доработку 1 т к. ед. – 25 USD; стоимость минеральных удобрений с затратами на их внесение: 1 т д.в. азота – 606,87 USD, фосфора – 917,80, калия – 71,24 USD; затраты на приготовление и внесение на расстояние 5 км 1 т навоза крупного рогатого скота – 3,7 USD.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2013–2018 гг. исследований различались по температурному режиму и количеству осадков, что оказало неоднозначное влияние на рост и развитие растений (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Температурный режим вегетационных периодов 2013–2018 гг.

Месяц	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее многолетнее
Апрель	6,3	8,7	7,4	8,5	6,0	10,5	7,2
Май	16,8	14,4	12,8	15,4	13,0	17,4	13,3
Июнь	19,3	15,8	17,4	18,3	16,4	17,7	16,4
Июль	18,6	20,7	18,6	19,5	17,6	19,5	18,5
Август	18,2	19,1	21,0	18,8	19,0	17,5	17,5

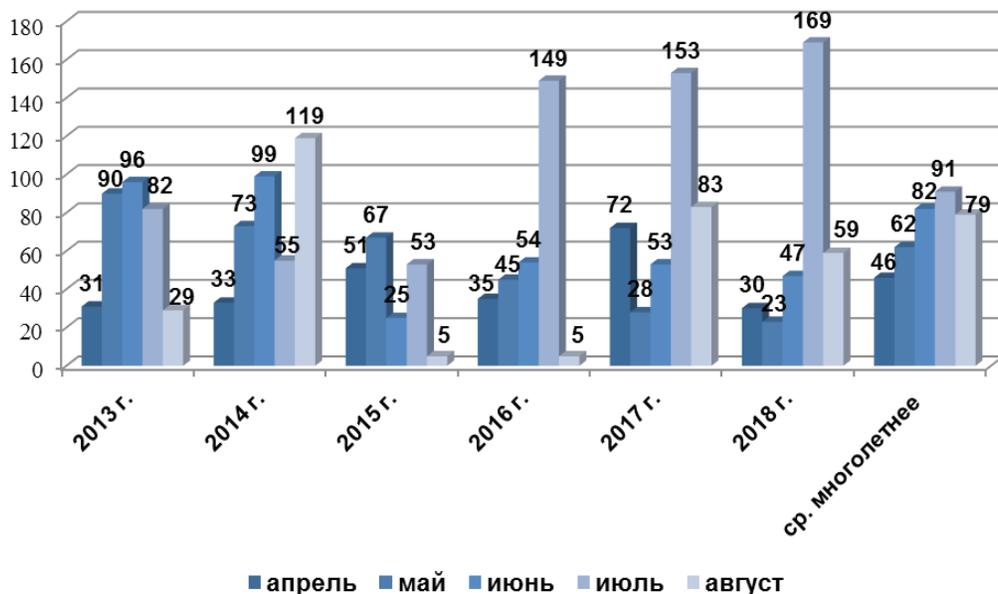


Рис. 1. Условия увлажнения вегетационных периодов, 2013–2018 гг.

Наиболее благоприятными для формирования урожая культур севооборота, можно считать 2013 и 2015 гг. Для них были характерны температуры воздуха ниже или на уровне среднемноголетнего показателя в апреле, а также в мае 2015 г. и количество осадков в апреле-мае близкое или выше нормы. Метеорологические условия июня-августа сильно различались, в 2013 г. они были благоприятны для формирования высокой урожайности зеленой массы кукурузы, засушливые условия 2015 г. помешали полностью реализовать потенциал сортов возделываемых культур, но недобор урожая был меньше, чем в другие годы исследования, когда неблагоприятные условия отмечались в начальный период вегетации.

2014 и 2017 гг. можно охарактеризовать как достаточно благоприятные. В 2014 г. условия апреля-мая были на уровне благоприятных 2013 и 2015 гг. (ГТК в апреле – 1,2, в мае – 1,6) (табл. 2), но анализ погодных условий марта (средняя температура месяца +5,2 °С, при норме 0 °С и количество осадков 52 % от нормы) может свидетельствовать об очень низких запасах почвенной влаги, которые не были компенсированы осадками апреля-мая, при этом температу-

ры воздуха превышали норму более чем на 1 °С. В 2017 г., напротив, запасы влаги в почве, сформированные благодаря обильным осадкам в апреле (157 % от нормы), нивелировали значительный недобор осадков в мае (ГТК 0,7), при этом температуры воздуха апреля-июня не превышали среднееголетних значений.

Таблица 2

ГТК вегетационных периодов 2013–2018 гг.

Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Среднее
2013	2,5	1,7	1,7	1,4	0,5	1,6
2014	1,2	1,6	2,1	0,9	2,0	1,6
2015	2,3	1,7	0,5	0,9	0,1	1,1
2016	1,4	0,9	1,0	2,5	0,1	1,2
2017	15,2	0,7	1,1	2,8	1,4	4,2
2018	1,2	0,4	0,9	2,8	0,9	1,2

2016 и 2018 гг. были наименее благоприятные для получения высокой продуктивности. Повышенные температуры в апреле-июне 2016 и 2018 гг. и значительный недобор влаги в этот период оказали негативное влияние на закладку и развитие генеративных и вегетативных органов растений.

Таким образом, данные шести лет исследований свидетельствуют о том, что на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве погодные условия в начальный период роста и развития растений – апрель-май в большей степени ограничивали формирование урожая, чем условия июня-августа. Неблагоприятные условия июня-июля в 2015 г. (ГТК 0,5–0,9) не помешали получить более 80 ц/га зерна яровой пшеницы и 70 ц/га зерна ячменя, в то время как более благоприятные условия июня-июля в 2014 и 2016 гг. не нивелировали негативного последствия неблагоприятных условий в более ранний период вегетации.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование урожая протекает под совокупным влиянием широкого спектра внешних факторов: свойств почвы, агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур, а также погодных условий, каждый из которых оказывает определенное непосредственное или косвенное действие на продуктивность посевов.

В опыте значительный потенциал почвы с очень высоким содержанием подвижных соединений фосфора и калия позволил получить в контрольном варианте 308 ц/га к.ед. за севооборот (табл. 3). Основным приемом воздействия на продуктивность было внесение органических и минеральных азотных удобрений. Наибольшие прибавки получены от применения азотных удобрений. На фоне без навоза от внесения $N_{330-630}$ было дополнительно получено 96–140 ц к.ед./га. Моноазотная система удобрения была наиболее экономически выгодной при рентабельности – 72–96 % и условно чистом доходе – 424–528 USD/га. Но в тоже время при данной системе отмечены наибольшие темпы деградации почвенного плодородия (табл. 4).

Таблица 3

Продуктивность культур зернопропашного севооборота

Вариант	Кукуруза, з.м. ц/га		Яровая пше- ница, ц/га		Яровой яч- мень, ц/га		Яровой рапс, ц/га		Озимая пше- ница, ц/га		Продуктив- ность сево- оборота, ц к.ед./га	Условно чистый доход, USD/га	Рента- бель- ность, %
	2013 г.	2014 г.	2014 г.	2015 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2017 г.	2017 г.	2018 г.			
Без удобрений – Фон 1	639	331	43,0	57,7	42,4	22,7	18,2	46,5	35,9	308	–	–	–
N1	700	414	54,7	67,5	59,8	41,0	27,8	64,9	48,0	404	424	424	96
N2	715	487	58,4	68,4	66,2	41,5	27,1	69,5	57,1	429	495	495	83
N3	742	518	62,5	73,2	69,9	42,7	27,0	74,2	57,9	448	528	528	72
N3PK	749	522	63,5	76,3	71,8	50,0	32,6	75,0	64,1	476	607	607	68
Навоз 50 т/га – Фон 2	687	447	53,4	61,1	48,9	26,1	21,8	50,6	40,1	354	114	114	38
Фон 2 + N1	724	459	56,9	72,6	65,2	42,2	27,5	65,7	47,4	421	343	343	52
Фон 2 + N2	716	527	58,3	76,5	69,3	44,1	30,5	73,1	52,9	449	440	440	53
Фон 2 + N3	774	576	62,3	78,4	72,2	45,3	29,5	75,2	56,8	470	479	479	49
Фон 2 + N3PK	778	580	64,8	82,2	74,3	49,3	33,8	77,2	62,0	493	539	539	48
Навоз 100 т/га – Фон 3	717	463	53,7	61,8	51,6	29,1	22,2	48,8	39,1	363	–13	–13	–3
Фон 3 + N1	681	519	57,1	78,1	66,3	45,7	27,8	68,7	52,7	436	262	262	29
Фон 3 + N2	789	550	59,6	78,6	70,9	46,1	29,2	73,1	54,5	463	346	346	33
Фон 3 + N3	868	616	62,1	81,8	73,7	49,5	28,7	74,1	60,1	489	424	424	35
Фон 3 + N3PK	864	628	64,6	83,4	70,7	54,6	33,3	76,4	64,7	509	458	458	34
НСР ₀₅ фон (фактор А)	49	62	2,0	4,2	–	4,7	–	–	–	16	–	–	–
НСР ₀₅ мин. уд. (фактор В)	64	80	2,6	5,4	5,8	3,7	3,1	4,2	5,2	21	–	–	–
НСР ₀₅ взаимодействие фактора А и В	–	–	6,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

N1 – N₉₀ – под кукурузу, N₆₀ – под остальные культуры, N₃₃₀ – за севооборот; N2 – N₉₀₊₃₀ – под кукурузу, N₆₀₊₃₀ – под остальные культуры, N₄₈₀ – за севооборот; N3 – N₁₂₀₊₃₀ – под кукурузу, N₉₀₊₃₀ – под остальные культуры, N₆₃₀ – за севооборот; PK – P₁₅K₃₀ – под яровые пшеницу и ячмень, P₂₀K₆₀ – под кукурузу, P₂₀K₃₀ – под яровой рапс, P₂₀K₄₅ – под озимую пшеницу, P₉₀K₁₉₅ – за севооборот.

Динамика содержания подвижных соединений фосфора и калия, мг/кг почвы

Фон	Подвижные фосфаты			Подвижный калий		
	2012–2013 гг.	2017–2018 гг.	±	2012–2013 гг.	2017–2018 гг.	±
Без навоза	782	720	–62	396	298	–98
Навоз, 50 т/га	806	774	–32	413	342	–71
Навоз, 100 т/га	789	772	–17	425	379	–46
НСР ₀₅ (фон)	–	36	–	–	27	–
НСР ₀₅ (2012–2013/ 2017–2018)	33			20		

На фоне навоза эффективность азотных удобрений несколько снижалась, прибавки составили 67–126 ц к.ед./га. При этом существенное преимущество наибольшей в опыте дозы азотных удобрений (N_{630}) наблюдалось только на фоне 100 т/га навоза. На безнавозном фоне и фоне с применением 50 т/га органических удобрений более эффективным было внесение за севооборот N_{480} . Экономическая эффективность при применении навоза снижалась, рентабельность упала до 49–52 % на фоне 50 т/га навоза и до 29–35 % на фоне 100 т/га навоза. При этом можно отметить, что при меньшей дозе органических удобрений наиболее экономически выгодным было внесение N_{330} , на фоне 100 т/га органических удобрений – N_{630} . Условно чистый доход при применении азотных удобрений на фоне навоза снижался до 262–479 USD/га.

Достоверные прибавки от внесения органических удобрений были получены на первых трех культурах севооборота. В целом за севооборот за счет действия и последствия навоза получено 46–55 ц к.ед./га. При этом преимущество двойной дозы навоза было недостоверным при прибавке 15 ц к.ед./га. Органическая система удобрения с применением 100 т/га навоза оказалась экономически невыгодной, при уровне рентабельности –3 % и убытке 13 USD/га. Внесение 50 т/га навоза обеспечило получение наименьшего условно чистого дохода – 114 USD/га при рентабельности 38 %.

Несмотря на очень высокое содержание в почве подвижных форм фосфора и калия в целом за севооборот на безнавозном фоне и фоне с применением 50 т/га навоза наблюдалось преимущество варианта $N_{630}P_{90}K_{195}$ перед N_{630} , прибавки составили 23–28 ц к.ед./га. При внесении 100 т/га навоза преимущество варианта NPK перед N было недостоверным, при прибавке 20 ц к.ед./га. Полная минеральная система удобрения ($N_{630}P_{90}K_{195}$) по отношению к N_{630} обеспечила рентабельность на 4 % ниже при увеличении условно чистого дохода на 79 USD/га. На фоне 50 т/га навоза рентабельность снизилась всего на 1 %, а условно чистый доход повысился с 479 до 539 USD/га.

Необходимо отметить, что при органоминеральной системе удобрения ($N_{330-630}$, $N_{630}P_{90}K_{195}$ на фоне 50 т/га навоза) по сравнению с минеральной системой темпы снижения содержания подвижного калия замедляются на 28 %, подвижного фосфора – на 48 %.

Таким образом, применение азотных удобрений на почве с очень высоким содержанием подвижных фосфатов и калия является наиболее экономически эффективным. В то же время необходимо отметить, что более благоприятное воздействие на фосфатное и калийное состояние почвы оказывает совместное

применение органических и минеральных удобрений. И, вопреки ожиданиям, необходимо отметить высокий агрономический эффект от совместного применения с азотными небольшими дозами фосфорных и калийных удобрений. Применение за севооборот $N_{630}P_{90}K_{195}$ обеспечило и максимальный условно чистый доход – 607 USD/га.

Особенности действия удобрений в различных гидротермических условиях отражает анализ продуктивности возделываемых в севообороте культур. Погодные условия вегетационного периода являлись значительным фактором, лимитирующим продуктивность. Так, в 2015 г., охарактеризованном нами как благоприятный по погодным условиям, продуктивность яровой пшеницы в варианте без удобрений достигала 57,7 ц/га, в то время как по данным Белстата [13] в среднем по республике в этом году она составила 39,6 ц/га. В то же время в 2016 г. в опыте в контрольном варианте было получено всего 22,7 ц/га зерна ярового ячменя, тогда как в среднем по республике урожайность данной культуры составила 27,8 ц/га.

В целом размах урожайности культур севооборота по годам зависел от системы удобрения и изменялся от 13 до 93 % (табл. 5). Максимальное варьирование отмечено в варианте без внесения удобрений: в среднем за севооборот 61 %, при самом низком значении 30 %, отмеченном у озимой пшеницы, и самом высоком 93 % – у кукурузы. Внесение удобрений способствовало повышению устойчивости продуктивности по годам. Органические удобрения способствовали снижению размаха продуктивности по годам в среднем до 43–45 %. При применении азотных удобрений в наибольшей в опыте дозе (N_3) варьирование урожайности составило 35–38 % в зависимости от фона. Наилучший эффект был достигнут при применении полного минерального удобрения – 27–34 %, в первую очередь за счет повышения устойчивости урожайности в годы с неблагоприятными условиями. Ведь, как известно, удобрения снижают расход воды на образование единицы урожая на 10–20 % и более. При этом лучший эффект получается от применения фосфорных удобрений и при их сочетании с азотом и калием [14].

В годы с благоприятными метеорологическими условиями эффективность удобрений была ниже, растения в большей степени использовали почвенное плодородие. Наименьшие прибавки от минеральных удобрений получены в 2013 г. при возделывании кукурузы: 13–21 % от N_3 и N_3PK . Также и в 2015 г. на яровой пшенице прибавки от азотных удобрений в наибольшей в опыте дозе составили 27–32 %, от полного минерального удобрения – 32–35 %. В то же время в этом году ячмень был более отзывчив на внесение минеральных удобрений, при прибавках 43–65 и 37–69 % соответственно. Наибольший эффект от внесения N_3 – прибавка 70–88 % и от N_3PK – 88–120 % отмечен при возделывании ярового ячменя в неблагоприятных условиях 2016 г.

Необходимо отметить, что эффективность азотных удобрений в значительной степени зависела от количества осадков в мае. Наибольшая в опыте доза азота – 120–150 кг/га была эффективна в годы с влажным маем. В 2016 и 2017 гг. при недоборе осадков (ГТК в мае 0,9 и 0,7 соответственно) на яровом рапсе и ячмене не отмечалось увеличение продуктивности при повышении доз азота выше 60 кг д.в./га. Вместе с тем отмечена высокая отзывчивость на внесение полного минерального удобрения. Прибавки от применения фосфорных и калийных удобрений в составе N_3PK составили для ячменя 15–32 %, для рапса – 20–31 % по отношению к вариантам с внесением N_3 . Также холодные погодные условия в

начале вегетации озимой пшеницы (первая декада октября 2017 г., средняя температура на 2 °С ниже, чем в этот же период 2016 г.) способствовали получению достоверных прибавок зерна озимой пшеницы от NЗРК в 2018 году – 13–18 %.

Таблица 5

Варьирование урожайности культур севооборота по годам, %

Вариант	Кукуруза	Яровая пшеница	Яровой ячмень	Озимая пшеница	Среднее
Без удобрений	93	34	87	30	61
NЗ	43	15	64	28	38
NЗРК	44	17	43	17	30
Навоз 50 т/га	53	13	87	26	45
Навоз 50 т/га + NЗ	35	22	59	33	37
Навоз 50 т/га + NЗРК	35	23	51	26	34
Навоз 100 т/га	54	13	78	25	43
Навоз 100 т/га + NЗ	41	26	49	23	35
Навоз 100 т/га + NЗРК	38	23	30	18	27

Отмечается различная эффективность органических удобрений при меняющихся погодных условиях. В годы с благоприятными метеорологическими условиями органические удобрения способствовали повышению продуктивности яровой пшеницы на 6–7 % (2015 г.), на 8–12 % у кукурузы (2013 г.). На озимой пшенице действие навоза также было невысоким в оба года исследований (увеличение продуктивности на 5–12 %), что может быть связано как с особенностями погодных условий, так и с невысокой эффективностью четвертого года последствия навоза. Наибольшие прибавки от применения навоза отмечены в 2014 г.: сбор зеленой массы кукурузы увеличился на 35–40 %, прибавки зерна яровой пшеницы составили 24–25 %. Также высокое последствие органических удобрений отмечено на яровом рапсе: прибавка – 20–22 % относительно контроля. При очень контрастных погодных условиях по месяцам в 2015 и 2016 годах ГТК за вегетацию были близки (1,1 и 1,2 соответственно), что может объяснить сопоставимую эффективность последствия навоза на яровом ячмене – увеличение продуктивности на 15–22 и 15–28 % соответственно.

Анализ участия отдельных факторов в формировании продуктивности культур севооборота свидетельствует о значительном изменении их роли в зависимости от погодных условий. Необходимо отметить, что в разные годы возделывались различные культуры, поэтому данные в некоторой степени могут быть искажены из-за специфики реакции возделываемых культур, обусловленной биологическими особенностями. Не принимая во внимание данный факт, можно констатировать, что при благоприятных погодных условиях (2013 и 2015 гг.) доля почвенного плодородия в формировании урожая достигала 70 % (рис. 2). Ухудшение метеорологических условий вегетационного периода сопровождалось снижением доли участия почвенного плодородия до 59 % в 2014 и 2017 гг. и до 54 % в среднем по 2016 и 2018 гг.

Вместе со снижением роли почвенного плодородия значение удобрений повышалось. В наименее благоприятных условиях 2016 и 2018 гг. 37 % продукции было получено за счет минеральных удобрений, из них 28 % обеспечили азотные

удобрения, 9 % – фосфорные и калийные. В 2013 и 2015 гг. значение фосфорных и калийных удобрений было незначительным, обеспечив получение 3 % продукции. Доля азотных удобрений также снизилась, но оставалась существенной – 21 %.

Органические удобрения наибольшую эффективность показали в 2014, 2017 гг., когда их доля в формировании продуктивности составила 13 %. Вероятно, достаточная влажность и благоприятный тепловой режим, о чем свидетельствует высокий ГТК за вегетацию в эти годы (1,6 в 2014 г. и 4,2 в 2017 г.), способствовали разложению и минерализации органических удобрений.

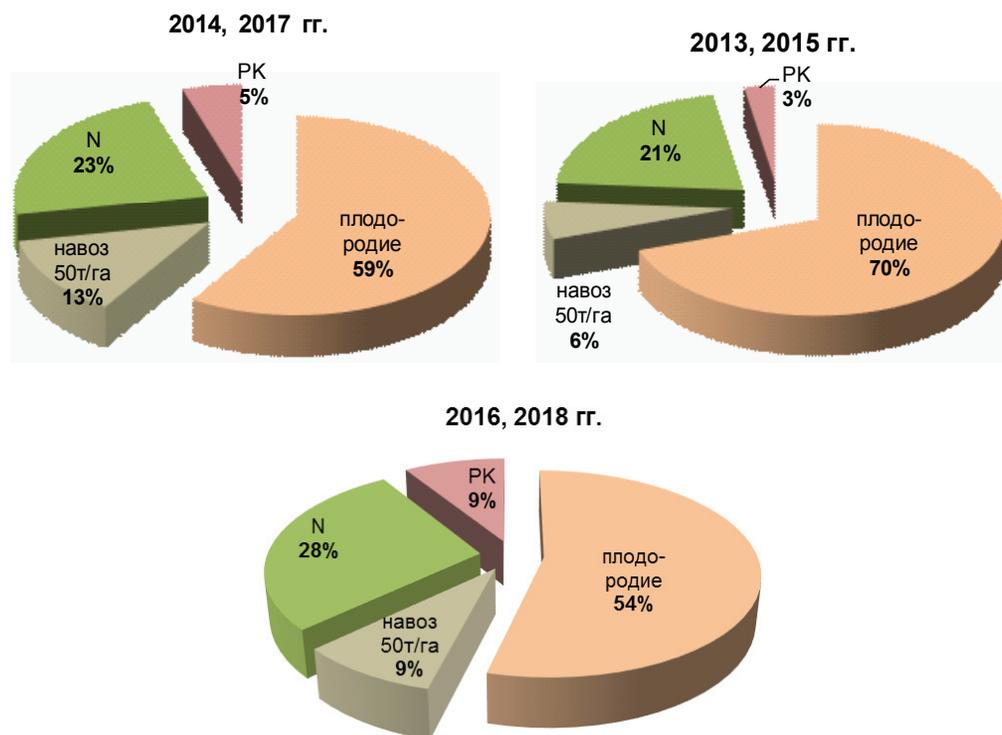


Рис. 2. Участие отдельных факторов в формировании продуктивности культур севооборота в зависимости от особенностей метеоусловий в период вегетации

ВЫВОДЫ

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с очень высоким содержанием подвижных соединений фосфора и калия в зернопропашном севообороте наиболее экономически выгодной при рентабельности – 72–96 %, условно чистом доходе – 424–528 USD/га и продуктивности 404–448 ц к.ед./га является моноазотная система удобрения ($N_{330-630}$).

Применение фосфорных и калийных удобрений (ежегодное внесение $P_{15-20}K_{30-60}$) в составе полного минерального удобрения на безнавозном и органических фонах способствует повышению устойчивости продуктивности в годы с неблагоприятными гидротермическими условиями, вариабельность по годам в среднем за севооборот снижается на 3–8 % по сравнению с азотной системой удобрения. Рентабельность данного агроприема ниже на 1–4 % по отношению к

азотной системе, условно чистый доход выше на 34–79 USD/га при наибольшей продуктивности – 476–509 ц к.ед./га.

Для поддержания высокого уровня плодородия целесообразно совместное применение органических (навоз 50 т/га) и минеральных ($N_{330-630}$, $N_{630}P_{90}K_{195}$) удобрений, при этом темпы снижения содержания подвижного калия замедляются на 28 %, подвижного фосфора – на 48 %.

Доля почвенного плодородия в формировании урожая достигает 70 % при благоприятных гидротермических условиях вегетационного периода и снижается до 54 % при ухудшении метеорологических условий. Из удобрений наиболее эффективными являются азотные, обеспечивающие 21–28 % продукции севооборота в зависимости от погодных условий. Органические удобрения способствуют повышению урожая на 6–13 %, в то время как фосфорные и калийные на 3–9 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимов, С. Н. Фосфатное состояние и плодородие дерново-подзолистых среднесуглинистых почв / С. Н. Трофимов, В. А. Варламов // Почвы и их плодородие на рубеже столетий: материалы II съезда Бел. общ-ва почвоведов, Минск, 25–29 июня 2001 г.: в 3 кн. / БелНИИПА; отв.ред. И. М. Богдевич, Н. И. Смяян. – Минск, 2001. – Кн. 2. – С. 302–305.

2. Рациональный круговорот и баланс питательных веществ в интенсивном земледелии / Л. Л. Шишов [и др.] // Агрохимия. – 1987. – № 2. – С. 28–35.

3. Касицкий, Ю. И. Об оптимальном содержании подвижного фосфора в почвах Нечерноземной зоны СССР / Ю. И. Касицкий // Агрохимия. – 1991. – № 6. – С. 107–109.

4. Эффективное применение фосфорного удобрения в агроценозах / В. И. Никитишен [и др.] // Почвоведение. – 1993. – № 10. – С. 90–96.

5. Сычев, В. Г. Влияние содержания подвижного фосфора на урожайность сельскохозяйственных культур и эффективность фосфорных удобрений / В. Г. Сычев, С. А. Шафран // Агрохимические свойства почв и эффективность минеральных удобрений. – М.: ВНИИА, 2013. – С. 76–83.

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

7. Барашенко, В. В. Параметры фосфорного и калийного режима почв, обеспечивающие высокую продуктивность угодий и экологическую безопасность / В. В. Барашенко, Н. Н. Лутович, Г. И. Каленик // Резервы повышения плодородия почв и эффективности удобрений: материалы междунар. науч.-практ. конф., Горки, 10–11 апреля 1996 г. / БСХА; редкол.: А. Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 1996. – С. 24–26.

8. Лутович, Н. Н. Влияние обеспеченности почвы подвижным фосфором на урожайность картофеля и эффективность применения фосфорных удобрений / Н. Н. Лутович // Современные проблемы использования почвенных ресурсов и повышения их производительной способности: междунар. научно-практ. конф., Горки, 11–15 ноября 1997 г. / БСХА; редкол.: Н. И. Смяян [и др.]. – Горки, 1997. – С. 166–167.

9. Динамика и оптимизация фосфатного статуса пахотных почв Беларуси в зависимости от уровня интенсификации земледелия / И. М. Богдевич [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 1(40). – С. 104–117.

10. *Иванов, И. А.* Применение удобрений на дерново-подзолистых почвах с высокими запасами фосфора и калия / И. А. Иванов, А. И. Иванов, Н. И. Семенова. – Агрохимия. – 1996. – № 4. – С. 9–14.

11. *Назарова, О. В.* Азотное состояние хорошо окультуренных дерново-подзолистых почв Северо-Запада России и его изменение под влиянием различных систем удобрения: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / О. В. Назарова; Великолукская ГСХА. – Великие Луки, 2004. – 132 л.

12. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.

13. Сельское хозяйство Беларуси. Статистический сборник [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/upload/iblock/414/414e12ffef25173cde661891ff60df5.pdf>. – Дата доступа: 12.03.2019.

14. *Панников, В. Д.* Почва, климат, удобрение и урожай / В. Д. Панников, В. Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – 416 с.

EFFECT OF FERTILIZERS IN THE GRAIN-ROW CROP ROTATION ON SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL WITH VERY HIGH PHOSPHORUS MAINTENANCE AND POTASSIUM UNDER VARIOUS WEATHER CONDITIONS

O. G. Kulesh, E. G. Mezentseva, A. A. Shedava, N. Yu. Zhabrovskaya

Summary

On sod-podzolic light loamy soil with very high phosphorus maintenance and potassium the high cost efficiency of introduction in a crop rotation of $N_{330-630}$ is established. The greatest efficiency and delay of degradation of fertility is reached at application of $N_{630}P_{90}K_{195}$ against the background of 50 t/hectare of manure. The efficiency of use of phosphoric and potash fertilizers in low doses ($P_{15-20}K_{30-60}$) is established that promotes increase in stability of efficiency in years with adverse weather conditions.

Поступила 11.04.19