

УДК 631.465:632.122:631.582

ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ И ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ПОЧВЫ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЗВЕНЬЯХ СЕВООБОРОТА

А. М. ЛЫКОВ, И. П. МАКАРОВ, А. Ф. САФОНОВ, В. М. ЛАПОЧКИН

(Кафедра земледелия и методики опытного дела)

При разработке научных основ специализированных севооборотов необходимо учитывать влияние чередования близких по биологии и технологии возделывания культур на плодородие почвы. Как показывают исследования [10, 11], в условиях Центрального района Нечерноземной зоны почва под бессменными посевами озимой пшеницы, ячменя, картофеля, а также при их чередовании в зерновых и пропашных звеньях мало отличалась от севооборотной по влажности и объемной массе, в то же время поражение бессменных культур болезнями и засоренность их посевов были несколько большими [9, 13, 21]. Однако последнее не является единственной причиной снижения урожая сельскохозяйственных культур в бессменных посевах. Видимо, при таком способе выращивания растений изменяется интенсивность физико-химических и биохимических процессов в почве, которая в значительной мере зависит от ферментов, определяющих направленность синтеза и разложения органических соединений почвы и влияющих на обеспеченность растений элементами питания. Большое действие на ферментативные свойства почвы оказывают высшие растения, особенно их корневые системы, поставляющие внеклеточные ферменты [19, 20]. Это подтверждается тем, что активность ферментов в ризосфере выше, чем в почве без растений, и сильно изменяется в зависимости от вида вы-

ращиваемых культур [7, 15, 17]. Поэтому с помощью чередования культур можно воздействовать на ферментативную активность почвы, а тем самым — на разложение растительных остатков и мобилизацию органического вещества почвы [4, 17, 18].

Снижение содержания гумуса и элементов питания в оподзоленных почвах при их сельскохозяйственном использовании сопровождается падением активности гидролитических ферментов и увеличением активности оксидаз. Отмечено наличие коррелятивной связи между ферментативной активностью и содержанием органического вещества в почве [6, 24]. На данный показатель оказывают влияние влажность, температура, плотность почвы и ее механический состав [1, 8, 22], агрохимические свойства почвы, дозы минеральных удобрений [3, 5, 7].

Изменение активности ферментов может привести к накоплению фитотоксических веществ, среди которых идентифицированы фенольные соединения, поступающие в почву при разложении растительных остатков. Ингибирующее влияние этих веществ проявляется в угнетении роста проростков и корневой системы растений. По мере увеличения продолжительности разложения, а также при удалении стерни или ее сжигании степень ингибирования снижается [25].

В связи с изложенным выше нам представлялось интересным проследить влияние специализированных севооборотов и бессменных посевов на ферментативную активность и фитотоксичность почвы в условиях Нечерноземной зоны.

Методика и условия проведения опыта

Исследования проводили в стационарном опыте в учхозе «Михайловское» Тимирязевской академии в 1979 и 1980 гг. Почва участка дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая на покровном суглинке. Агрохимическая характеристика ее дана в работе [9]. Повторность опытов 4-кратная.

Ферментативную активность и фитотоксичность почвы изучали под озимой пшеницей сорта Мироновская 808, ячменем Московским 121, картофелем сорта Лорх (1979 г.) и Бирюса (1980 г.) в следующих вариантах чередования: 1 — плодосменный севооборот (клевер — озимая пшеница — картофель — ячмень с подсевом клевера) — контроль; 2 — озимая пшеница — ячмень; 3 — озимая пшеница — овес; 4 — ячмень — картофель; 5 — кукуруза — картофель; 6 — бессменные посевы озимой пшеницы, ячменя и картофеля с 1968 г. Дозы удобрений под озимую пшеницу — 200N160P120K, под ячмень — 96N120P104K, под картофель — 110N110P160K и по 10 т навоза на 1 га ежегодно под каждую культуру. Посевы озимой пшеницы и ячменя обрабатывали смесью аминной соли 2,4-Д с банвелом Д (0,8+0,08 кг д. в. на 1 га). Ячмень с подсевом клевера опрыскивали препаратом 2М-4Х в дозе 0,8 кг, а посадки картофеля — линуроном 2,5 кг д. в. на 1 га. Урожай учитывали сплошным методом. Результаты опыта обрабатывали методом дисперсионного анализа.

Активность почвенных ферментов полифенолоксидазы, пероксидазы, нитратредуктазы, нитритредуктазы и гидроксилламинредуктазы определяли в 1 г свежей воздушно-сухой почвы, очищенной от растительных остатков и камней, при темпера-

туре инкубации почвы и субстрата в термостате 30° [14]. Каталитическое действие протеазы изучали по Гоффманну и Тейхеру (по [23]). Об активности полифенолоксидазы и пероксидазы судили по количеству пурпургаллина, образовавшегося в результате окисления приггаллола; протеазы — по аминному азоту, полученному при гидролитическом расщеплении желатины; нитратредуктазы, нитритредуктазы и гидроксилламинредуктазы — соответственно по количеству восстановленных NO_3^- , NO_2^- и NH_2OH мг на 10 г почвы.

Фитотоксичность почвы оценивали путем прорастивания семян озимой пшеницы и ячменя на водной почвенной вытяжке. Почву отбирали из пахотного слоя полевого опыта. Для извлечения физиологически активных веществ почву настаивали в воде 2:1 в течение 24 ч при комнатной температуре. Семена озимой пшеницы и ячменя по 40 шт. в 4-кратной повторности раскладывали в один ряд на фильтровальной бумаге, слегка смоченной почвенной вытяжкой, затем накрывали второй плоской фильтровальной бумаги и скатывали в рулон, который помещали в стеклянный сосуд с водной почвенной вытяжкой соответствующего варианта. Сосуды ставили в термостат на 7 дней, после чего подсчитывали число проросших семян, высоту проростка и длину корней. Контролем служила водопроводная вода.

Погодные условия вегетационного периода 1979 г. характеризовались повышенными температурами и недостатком осадков в мае и июне. Прохладная и влажная погода в июле сменялась умеренными температурами и осадками в августе. Вегетационный период 1980 г. был прохладным и избыточно влажным.

Результаты исследований и их обсуждение

Ферменты полифенолоксидазы и пероксидазы практически присущи всем звеньям биоценоза, широко распространены в почве и связаны с превращением гумусовых веществ. Первый фермент играет большую роль в синтезе гумусовых веществ, второй — в их минерализации. Так как эти процессы в почве проходят одновременно, то темпы накопления гумуса определяются соотношением активности полифенолоксидазы и пероксидазы, условно названным коэффициентом гумусонакопления [2].

В начале вегетационного периода 1979 г. из-за недостатка осадков активность этих ферментов под зерновыми культурами была ниже, чем в 1980 г. (табл. 1). К фазе колошения, когда влажность почвы по го-

Таблица 1

Динамика активности полифенолоксидазы (Пф) и пероксидазы (Пк) под озимой пшеницей, ячменем и картофелем (мг пурпургаллина на 10 г почвы)

Вариант	Кущение (всходы картофеля)		Выход в трубку (бутонизация)		Колошение (цветение)		Молочно-восковая спелость (клуб- необразование)	
	Пф	Пк	Пф	Пк	Пф	Пк	Пф	Пк
Оз. пшеница								
Контроль	8,7	34,0	13,2	28,7	12,6	29,7	11,8	28,5
	<u>11,7</u>	<u>50,6</u>	<u>38,2</u>	<u>72,5</u>	<u>23,1</u>	<u>34,6</u>	<u>9,5</u>	<u>49,8</u>
Оз. пшеница—ячмень	14,5	63,4	37,2	70,2	23,6	48,0	14,1	49,8
Оз. пшеница—овес	14,8	52,0	27,4	72,2	34,9	43,0	9,5	42,0
Оз. пшеница бессменно	13,5	32,0	12,7	29,5	11,3	34,2	11,7	31,9
	<u>9,9</u>	<u>56,8</u>	<u>30,8</u>	<u>77,7</u>	<u>29,8</u>	<u>44,0</u>	<u>10,8</u>	<u>49,3</u>
Ячмень								
Контроль	14,0	28,3	13,5	34,7	12,5	28,7	10,5	32,1
	<u>27,8</u>	<u>46,3</u>	<u>12,5</u>	<u>45,5</u>	<u>14,9</u>	<u>26,8</u>	<u>19,3</u>	<u>36,5</u>
Оз. пшеница—ячмень	27,2	40,0	16,7	45,3	16,0	28,5	20,6	35,5
Ячмень—картофель	34,4	37,4	15,2	43,4	18,6	31,6	23,8	36,5
Ячмень бессменно	12,8	28,7	13,3	41,0	11,7	32,6	11,8	32,6
	<u>25,3</u>	<u>39,5</u>	<u>12,9</u>	<u>39,7</u>	<u>14,4</u>	<u>25,8</u>	<u>18,6</u>	<u>38,5</u>
Картофель								
Контроль	24,6	38,0	21,6	43,0	15,7	35,4	24,1	35,4
	<u>24,9</u>	<u>38,0</u>	<u>14,6</u>	<u>30,9</u>	<u>16,0</u>	<u>32,9</u>	<u>24,1</u>	<u>39,0</u>
Ячмень—картофель	23,1	42,2	13,4	37,2	18,3	30,8	26,8	38,0
Кукуруза—картофель	20,8	38,5	22,5	37,2	15,5	35,0	21,1	33,5
	<u>19,0</u>	<u>42,0</u>	<u>10,4</u>	<u>35,5</u>	<u>23,6</u>	<u>30,9</u>	<u>24,6</u>	<u>42,5</u>
Картофель—бессменно	20,1	33,1	21,6	39,2	14,9	34,8	17,7	33,0
	<u>19,5</u>	<u>34,9</u>	<u>14,8</u>	<u>31,9</u>	<u>18,3</u>	<u>32,2</u>	<u>22,1</u>	<u>38,0</u>

Примечание. Здесь и в табл. 2 и 3 в числителе 1979 г., в знаменателе 1980 г., в остальных случаях 1980 г.

дам мало различалась, под ячменем активность выравнивалась, а под озимой пшеницей оставалась более низкой, чем в 1980 г. Прямая зависимость между активностью полифенолоксидазы, пероксидазы и влажностью почвы наблюдалась также и в опытах на серых лесных почвах [8].

Активность этих ферментов под разными сельскохозяйственными культурами в динамике была неодинаковой. Так, в почве под озимой пшеницей она достигала максимума в фазу выхода растений в трубку

и к концу вегетации постепенно снижалась. Под ячменем самая высокая активность наблюдалась в фазу кущения. К фазе выхода в трубку полифенолоксидазная активность почвы снизилась и затем уже не изменялась до конца вегетации, а пероксидазная — уменьшилась к фазе колошения.

Ферментативная активность почвы под картофелем была подвержена меньшим колебаниям, чем под зерновыми культурами. Под озимой пшеницей в зерновых звеньях севооборота она находилась на том же уровне, что и в плодосменном севообороте, а в период кущения — на более высоком. В бессменном посеве полифенолоксидазная активность в период кущения — выход в трубку была ниже, а пероксидазная до фазы колошения — выше, чем в контроле. Это свидетельствует о различной направленности биохимических процессов в почвах севооборота и бессменных посевов. В почву севооборота поступают более разнообразные по качественному составу корневые выделения и растительные остатки, что способствует поддержанию биологической активности на высоком уровне.

Судя по коэффициенту гумусонакопления, процессы синтеза органического вещества в почве под озимой пшеницей по мере роста растений усиливаются, а к концу вегетации ослабевают. Максимум гумусонакопления приходится на период выход в трубку — колошение. При чередовании культур данный коэффициент несколько выше и менее подвержен изменениям по годам, чем в бессменном посеве.

Под ячменем наблюдалось некоторое повышение активности полифенолоксидазы и пероксидазы в варианте чередования с картофелем по сравнению с вариантом бессменного возделывания ячменя.

Под картофелем более заметное снижение полифенолоксидазной активности в период всходов наблюдалось в пропашном звене и при бессменном возделывании, а пероксидазной — только в бессменном посеве. К концу вегетации коэффициент гумусонакопления был несколько меньшим в бессменных посевах.

Определение активности протеазы позволяет выявить степень интенсивности минерализации соединений, содержащих органический азот. Под озимой пшеницей в зерновых звеньях севооборота и бессменном посеве в фазу кущения протеолитическая активность почвы была ниже, чем в плодосменном севообороте (табл. 2). В период выхода в трубку в вариантах чередования озимой пшеницы с ячменем и овсом она повышалась, в бессменных посевах снижалась, а к концу вегетации выравнивалась по вариантам.

Под ячменем, возделываемым бессменно, активность протеазы в начале вегетации была значительно ниже, чем под той же культурой в севообороте. В последующий период роста и развития ячменя в 1979 г. она значительно снижалась, а в 1980 г. — повышалась, что связано с особенностями погодных условий в эти годы.

Под картофелем в фазу всходов активность протеазы в контроле была больше, чем в других вариантах, но в следующие фазы при чередовании картофеля с ячменем и кукурузой изучаемый показатель достигал уровня контроля или даже превышал его. При бессменном возделывании картофеля протеолитическая активность в среднем за вегетацию была на 10—26 % ниже, чем в плодосменном севообороте.

Активность протеазы в специализированных звеньях севооборота и бессменных посевах наиболее заметно подавлена в начале развития растений. В среднем за вегетацию это характерно только для бессменных посевов.

Снижение активности фермента в начале вегетации объясняется, видимо, некоторым подавлением микробиологической активности и небольшим количеством ферментов, выделяемых растениями в данный период. По мере роста растений и повышения температуры почвы по-

Активность протеазы в почве под озимой пшеницей, ячменем, картофелем
(мг амийного азота на 10 г почвы)

Вариант	Кущение (всходы картофе- ля)	Выход в трубку (бутиониза- ция)	Колоше- ние (цве- тение)	Молочно-воско- вая спелость (клубне-образо- вание)	Средняя за вегетацию
Оз. пшеница					
Контроль	19,5	15,7	12,5	14,5	15,5
	<u>22,7</u>	<u>8,0</u>	<u>16,7</u>	<u>15,2</u>	<u>15,6</u>
Оз. пшеница—ячмень	17,6	20,3	16,1	18,4	18,1
Оз. пшеница—овес	9,7	13,6	12,7	15,6	12,9
Оз. пшеница бессменно	17,9	9,0	8,2	15,4	12,6
	<u>15,5</u>	<u>8,4</u>	<u>10,2</u>	<u>14,7</u>	<u>12,2</u>
Ячмень					
Контроль	17,0	10,0	9,4	12,5	12,2
	<u>12,7</u>	<u>15,0</u>	<u>10,1</u>	<u>9,9</u>	<u>11,9</u>
Оз. пшеница—ячмень	9,7	16,5	10,9	12,1	12,3
Картофель—ячмень	12,2	30,5	8,7	9,8	15,3
Ячмень—бессменно	12,7	8,0	5,7	8,6	8,8
	<u>7,4</u>	<u>15,2</u>	<u>12,1</u>	<u>12,5</u>	<u>11,8</u>
Картофель					
Контроль	15,8	9,7	14,6	9,6	12,4
	<u>12,0</u>	<u>10,3</u>	<u>13,6</u>	<u>9,9</u>	<u>11,4</u>
Картофель—ячмень	10,0	14,3	13,6	11,5	12,4
Картофель—кукуруза	11,0	7,8	11,9	8,7	9,8
	<u>9,4</u>	<u>16,2</u>	<u>12,7</u>	<u>12,2</u>	<u>12,6</u>
Картофель бессменно	12,1	6,4	10,0	8,5	9,2
	<u>7,6</u>	<u>11,6</u>	<u>11,5</u>	<u>10,3</u>	<u>10,2</u>

ступление ферментов с корневыми выделениями увеличивается, а также активизируется жизнедеятельность микробного ценоза.

Процесс восстановления нитратов до аммиака осуществляется с помощью ферментов редуктаз. Нитратредуктаза катализирует восстановление нитратов в нитриты, дальнейшее превращение нитритов в гидроксиламин осуществляется нитритредуктазой, затем восстановление гидроксиламина до аммиака происходит с помощью гидроксиламинредуктазы.

На активность указанных ферментов сильно влияли погодные условия. Из-за большого количества осадков в 1980 г. она была ниже, чем в 1979 г. (табл. 3), что связано, по-видимому, с потерями нитратов вследствие переувлажнения почвы. В этих условиях изменялся характер влияния чередования культур на восстановительный процесс. Так, если в 1979 г. активность изучаемых ферментов в плодосменном севообороте и бессменных посевах различалась незначительно, то в 1980 г. в фазу кущения в первом случае она была выше: под озимой пшеницей по нитратредуктазе на 20, по нитрит- и гидроксиламинредуктазе — на 50 %, под ячменем — соответственно на 30; 33 и 36 %. В специализированных звеньях севооборота в фазу кущения также наблюдалось угнетение активности ферментов. В последующий период роста и развития растений активность нитритредуктазы и гидроксиламинредуктазы существенно снижалась при незначительном изменении активности нитратредуктазы.

Таким образом, в начале весенней вегетации озимой пшеницы и ячменя активность всех этих трех ферментов в специализированных

Динамика активности нитратредуктазы (Н, мг NO₃) и гидроксилламинредуктазы (Г, мг NH₂OH) под озимой пшеницей и ячменем

Вариант	Кущение		Выход в трубку		Колошение		Восковая спелость	
	Н	Г	Н	Г	Н	Г	Н	Г
Оз. пшеница								
Контроль	43,8	45,1	38,8	45,1	45,0	42,8	46,3	39,2
	30,4	30,1	31,2	16,6	25,4	21,0	28,9	33,1
Оз. пшеница—ячмень	27,8	14,7	30,2	18,8	29,2	21,0	24,0	18,8
Оз. пшеница—овес	27,2	14,7	29,4	17,6	26,5	He опр.	25,7	15,7
Оз. пшеница бессменно	43,2	33,5	51,3	31,9	40,0	39,0	48,8	41,3
	24,8	15,7	29,9	18,8	26,1	14,6	23,8	21,0
Ячмень								
Контроль	45,0	45,1	42,6	45,1	53,8	44,7	50,0	42,8
	31,6	28,9	27,5	29,8	22,0	22,8	29,3	16,6
Оз. пшеница—ячмень	30,6	24,1	26,2	25,9	22,0	21,0	28,9	16,6
Картофель—ячмень	28,4	16,6	28,3	23,8	23,6	14,6	30,6	18,9
Ячмень бессменно	40,0	31,0	45,3	37,6	50,0	41,3	43,8	20,0
	22,8	17,8	27,7	23,8	21,5	18,9	29,1	12,7

звеньях севооборота и особенно в бессменных посевах была значительно ниже, чем в плодосменном севообороте. В последующий период активность нитратредуктазы по вариантам опыта почти выравнивалась, а нитрит- и гидроксилламинредуктазы — отличалась от контроля.

Указанные изменения в активности данных ферментов взаимосвязаны с накоплением доступных форм азота под растениями. Так, активность нитратредуктазы коррелирует с содержанием нитратов в почве, поскольку фермент этот является адаптивным и образуется только в присутствии нитрата в среде.

Одной из причин развития процесса почвоутомления считают накопление в среде токсических продуктов жизнедеятельности растений и микроорганизмов, среди которых водорастворимые соединения занимают важное место [11].

Изучение влияния водной вытяжки из почвы на прорастание семян показало, что наибольшей токсичностью обладала почва под бессменными посевами озимой пшеницы в фазу кущения, а у ячменя — в период кущение — выход в трубку. Всхожесть семян в данных случаях снизилась до 20 % (табл. 4). В эти фазы отмечалось и усиление угнетения ферментативной активности.

В зерновом звене севооборота не оказывали угнетающего влияния на прорастание семян почвенные вытяжки, взятые из-под озимой пшеницы во все фазы развития, а из-под ячменя — во все, кроме фазы колошения; вытяжка, полученная в фазу колошения, снижала всхожесть семян. Наблюдаемое увеличение всхожести семян в некоторых вариантах подтверждает высказанное в литературе мнение о том, что степень воздействия токсических веществ зависит от их концентрации [15, 16]. При бессменном возделывании культур вследствие снижения активности полифенолоксидазы в почве накапливаются токсические для растений фенольные соединения. Имеются данные [15, 16], что разложение таких веществ происходит значительно интенсивнее в севообороте, чем в бессменных посевах.

Высота проростков озимой пшеницы, выращенных на водной вытяжке из почвы бессменного посева, была несколько больше, чем в других вариантах. Наибольшие различия отмечались при обработке

Всхожесть семян, высота проростка и длина корней озимой пшеницы и ячменя
(в среднем за 2 года)

Место взятия образца почвы	Всходы	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Молочно-восковая спелость
О з. п ш е н и ц а					
Всхожесть, % к контролю					
Плодосмен	—	93	96	98	103
Оз. пшеница—ячмень	—	92	93	105	109
» бессменно	—	79	94	99	110
Высота проростка, см					
Контроль (вода)	—	6,8	7,2	8,3	9,4
Плодосмен	—	8,0	7,2	7,8	10,1
Оз. пшеница—ячмень	—	8,0	6,9	8,2	10,0
» бессменно	—	9,0	7,9	8,6	10,6
Длина корней, см					
Контроль (вода)	—	28,1	25,4	25,5	30,6
Плодосмен	—	25,4	25,5	25,2	33,2
Оз. пшеница—ячмень	—	26,4	22,9	28,0	31,0
» бессменно	—	26,7	26,9	27,0	32,2
Я ч м е н ь					
Всхожесть, % к контролю					
Плодосмен	98	92	92	98	95
Оз. пшеница—ячмень	102	98	103	84	94
Ячмень бессменно	109	78	80	97	99
Высота проростка, см					
Контроль (вода)	12,4	12,6	11,8	13,8	10,0
Плодосмен	13,7	12,8	13,5	14,6	11,2
Оз. пшеница—ячмень	11,5	11,7	13,3	13,8	11,4
Ячмень бессменно	13,2	12,5	12,6	13,7	11,4
Длина корней, см					
Контроль (вода)	72,3	57,7	61,6	71,5	67,1
Плодосмен	76,0	55,3	61,8	67,4	71,0
Оз. пшеница—ячмень	75,4	54,5	62,8	64,0	76,9
Ячмень бессменно	77,6	52,4	55,2	67,5	74,6

семян вытяжкой, полученной в фазу кушения. Видимо, на почвенной вытяжке бессменного варианта в данную фазу менее жизнеспособные семена вообще не прорастали, а на вытяжках из почвы плодосменного севооборота и зернового звена эти семена давали росток. В результате при вычислении средней высоты преимущество получили первые. В другие фазы роста невысокая концентрация физиологически активных соединений в вытяжке из почв бессменных посевов, вероятно, оказывала стимулирующее действие.

Развитие корневой системы озимой пшеницы во всех вариантах шло практически одинаково.

Высота проростков ячменя, выращенных на вытяжках из почвы зернового звена, взятых в фазы всходов и кушения, была меньше, чем на вытяжке из почвы севооборота. Средняя длина корней одного растения была самой малой при выращивании на вытяжке из почвы бессменного посева ячменя, взятой в фазы кушения и выхода в трубку.

Анализ полученных данных показывает, что при изучении фитотоксичности почвы более точным является тест всхожесть семян, так как токсические вещества, находящиеся в почвенной вытяжке, в первую очередь воздействуют на прорастание зародыша.

Из-за недостатка влаги в мае и июне 1979 г. зерновые культуры медленно росли и ускоренно развивались, а в 1980 г. из-за прохладной и влажной погоды задерживалось развитие растений, уплотнялась почва, ухудшался ее воздушный режим под картофелем, озимая пшеница и ячмень полегли. Все это сказалось на общем уровне урожайности полевых культур (табл. 5). Урожайность озимой пшеницы по ячменю

Таблица 5

Урожайность озимой пшеницы, ячменя и картофеля (ц/га)

Вариант	Оз. пшеница		Ячмень		Картофель	
	1979	1980	1979	1980	1979	1980
Контроль	33,0	22,2	13,1	15,5	261	119
Оз. пшеница—ячмень	28,0	17,2	13,3	16,8	—	—
» —овес	31,7	21,4	—	—	—	—
Картофель—ячмень	—	—	12,4	18,9	218	117
Кукуруза—картофель	—	—	—	—	241	131
Бесменныe посеvы	21,3	17,6	11,0	18,5	245	81
НСР ₀₅	6,3	4,7	3,7	2,8	86	59

в среднем за 2 года была меньше на 17, а в бесменном посеве — на 28 %, чем при возделывании ее в севообороте. При посеве озимой пшеницы по овсу урожайность была близкой к ее уровню в плодосменном севообороте.

Урожайность ячменя мало изменялась по вариантам чередования. Однако накопление сухого вещества ячменем в период кушение — выход в трубку в зерновом звене озимая пшеница — ячмень было ниже на 25—30, а в бесменном посеве — на 40 %, чем в плодосменном севообороте. К концу вегетации эти различия уменьшались до 15—20 %.

Различия по урожайности картофеля между вариантами были несущественны как в более благоприятном по погодным условиям 1979 г., так и в экстремальных условиях 1980 г. Однако в 1980 г. сильнее проявилась тенденция к снижению урожая клубней картофеля при бесменном его возделывании.

Выводы

1. В дерново-подзолистых почвах активность ферментов в значительной степени зависела от погодных условий вегетационного периода и от вида возделываемых культур. Под зерновыми культурами активность окислительно-восстановительных ферментов и протеазы была подвержена большим колебаниям по фазам роста и развития растений, чем под картофелем.

2. В севооборотных звеньях и бесменных посевах активность ферментов была ниже, чем в плодосменном севообороте. Наиболее заметно она угнеталась в начале вегетации растений, особенно при бесменном возделывании. Это свидетельствует о влиянии способа возделывания культур на интенсивность процессов превращения органического вещества и накопления доступных форм питательных элементов в почве и на плодородие почвы.

3. Изменение интенсивности биохимических процессов приводило к увеличению фитотоксичности почвы под бесменными зерновыми культурами в период кушение — выход в трубку, что, вероятно, связано с увеличением накопления в почве фенольных соединений в результате снижения активности полифенолоксидазы.

4. Наибольшие различия в темпах накопления сухого органического вещества озимой пшеницей и ячменем наблюдались в начальный период вегетации, что полностью согласуется с изменениями ферментативной активности почвы. Эти различия сохранялись до конца вегетации и сказывались на урожайности полевых культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамян С., Галстян А. Состав поглощенных катионов и ферментативная активность почв. — В кн.: Эколог. условия и фермен. активность почв. Уфа, 1979, с. 41—58. — 2. Агрономическая микробиология. Л.: Колос, 1976. — 3. Алнев С., Гаджиев Д. Влияние минеральных удобрений на ферментативную активность почв. Почвы и их биол. продуктивность. — Тез. докл. юбил. конф. каф. почвовед. и агрохим. 11—12 окт. Тарту, 1979, с. 188—189. — 4. Берестецкий О. Жабюк Ф. Влияние севооборота и монокультуры на биологическую активность дерново-подзолистой почвы. — Тр. ВНИИ с.-х. микробиол. Л., 1978, т. 47, с. 18—30. — 5. Благовещенская З. К., Данченко Н. А. Активность почвенных ферментов при длительном применении удобрений под бессеменную кукурузу и культуры прифермского севооборота. — Почвоведение, 1974, № 10, с. 124—130. — 6. Васильева Л. Ферментативная активность серых оподзоленных почв при с.-х. использовании. — Тр. Харьк. с.-х. ин-та. Харьков, 1978, т. 255, с. 51—59. — 7. Власюк П. А., Лисовал А. П. Влияние растений и удобрений на активность некоторых ферментов. — Тез. докл. симпоз. по ферментам почв. Минск, 1967, с. 3—5. — 8. Воинова В. Н., Тарарина Л. Ф., Емцев В. Т. Активность полифенолоксидазы и пероксидазы в серой лесной почве при разложении растительных остатков в режиме затопление — высушивание. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 5, с. 87—93. — 9. Воробьев С. А., Иванов Ю. Д. Урожайность зерновых культур и плодородие почвы в специализированных севооборотах Подмосковья. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 3, с. 22—31. — 10. Воробьев С. А., Сафонов А. Ф. Водопотребление и продуктивность растений в специализированных звеньях севооборота центральных районов Нечерноземья. — Вестн. с.-х. науки, 1976, № 8, с. 17—26. — 11. Воробьев С. А., Сафонов А. Ф. Агрегатный состав и водпрочность почвы под полевыми культурами в севообороте и бессеменных посевах. — Изв. ТСХА, 1977, вып. 5, с. 56—62. — 12. Воробьев С. А., Сафонов А. Ф. Изменение урожая бессеменных культур в зависимости от метеорологических условий. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 5, с. 10—18. — 13. Воробьев С. А., Сафонов А. Ф., Иванов Ю. Д., Кураш Л. Ячмень в специализированных севооборотах. — Земледелие, 1976, № 7, с. 27—29. — 14. Галстян А. Ш. Определение активности ферментов почв (метод. указ.). Ереван, 1978. — 15. Дзюбенко Н. Н., Крупа Л. И. Биологическая активность почв в севооборотной и в бессеменной культуре. Проблемы аллелопатии. Киев: Наукова думка, 1976, с. 52—53. — 16. Дзюбенко Н. Н., Крупа Л. И., Байко П. И. Динамика накопления торфозигетей в почве бессеменной и севооборотной культуры. Взаимодействие растений и микроорганизмов в фитосонозах. Киев: Наукова думка, 1977, с. 70—77. — 17. Зубец Т. П. Влияние сельскохозяйственных культур на биологическую активность почвы. Проблемы аллелопатии. Киев: Наукова думка, 1976, с. 54—55. — 18. Зубец Т. П., Чундерова А., Морозов В. Влияние бобового и злакового предшественника на активность ферментов в серой лесной почве. — Тр. ВНИИ с.-х. микробиологии. Л., 1978, т. 47, с. 11—17. — 19. Купревич В. Ф. Первые итоги исследований по ферментам почвы. — Тез. докл. симпоз. по ферментам почв. Минск, 1967, с. 1—2. — 20. Купревич В. Ф., Щербакова Т. А. Почвенная энзимология. Минск: Наука и техника, 1966. — 21. Научные основы интенсивного земледелия в Нечерноземной зоне. М.: Колос, 1976. — 22. Хабиров И. и др. Статистическая оценка влияния физических свойств и гидротермического режима на ферментативную активность черноземов. — В сб.: Статист. методы анализа почв, растительности и их связи. Уфа, 1978, с. 41—69. — 23. Хазиев Ф. Х. Ферментативная активность почв. М.: Наука, 1976. — 24. Хазиев Ф. Х. Системные принципы в изучении почв и почвенных ферментов. В сб.: Статист. методы анализа почв, растительности и их связи. Уфа, 1978, с. 29—38. — 25. Джумалиева Д. Н. Самопоносимость и взаимопоносимость на основных полски культуры. София: Земиздат, 1980.

Статья поступила 30 ноября 1980 г.

SUMMARY

Field and laboratory trials were conducted in the Timiryazev Academy training farm "Mikhailovskoje" in 1979—1980. Dynamics of the activity of soil enzymes — polyphenoloxidase, peroxidase, protease, nitratereductase, nitritereductase and hydroxylaminereductase — in crop rotation elements and in mono-culture stands was studied. The lowest enzymatic activity of the soil was found in mono-culture stands in the early period of plant growth and development. In the same period lower germi-

nation was observed in winter wheat and barley seed on water soil extract. This is the evidence of higher toxicity of the soil under grain crops at tillering and stooling stages.