

УДК 633.14

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ГУМУСА, БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ТЕМНО-СЕРОЙ
ОПОДЗОЛЕННОЙ ПОЧВЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ РЖИ
ПРИ БЕССМЕННОМ ВЫРАЩИВАНИИ**

А. В. КОХАН, Л. Д. ГЛУЩЕНКО, А. И. ЛЕНЬ, Р. В. ОЛЕПИР

*Полтавская государственная сельскохозяйственная опытная станция имени Н.И. Вавилова ИС и АПП НААН,
г. Полтава, Украина, 36014*

В. В. ГАНГУР

*Институт свиноводства и агропромышленного производства НААН,
г. Полтава, Украина, 36013, e-mail: v.gangur@rambler.ru*

(Поступила в редакцию 05.02.2018)

Представлены результаты исследований, полученные на Полтавской государственной сельскохозяйственной опытной станции им. Н.И. Вавилова Института свиноводства и агропромышленного производства НААН Украины в течение

1884–2016 гг. на темно-серой оподзоленной почве в подзоне неустойчивого увлажнения левобережной Лесостепи. Установлено, что средняя урожайность ржи озимой за 1884–2016 гг., составляет 1,19 т/га, однако уровень продуктивности культуры изменялся в зависимости от степени благоприятности погодных условий года, качества подготовки почвы и содержания продуктивной влаги в посевном слое почвы во время сева, степени засоренности посева в опыте.

Приведены данные динамики биогенных элементов в темно-серой оподзоленной почве при выращивании озимой ржи в бессменном посеве. Установлена корреляционная связь между уровнем урожайности озимой ржи, температурным и водным режимами вегетационного периода.

Предложено результаты исследований широко использовать для решения фундаментальных вопросов земледелия, для глубоких комплексных исследований, демонстрации роли основных факторов и условий жизни растений.

Ключевые слова: *рожь, бессменный посев, уровень урожайности, корреляционная связь, биогенные элементы.*
We have presented results of studies obtained at the Poltava State Agricultural Experimental Station named after N.I. Vavilov of the Institute of Pig Production and Agro-Industrial Production of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine during 1884-2016 on dark gray podzolized soil in the subzone of unstable moistening of the left-bank forest-steppe. It has been established that the average yield of winter rye during 1884-2016 was 1.19 t / ha, but the level of crop productivity changed depending on the degree of favorable weather conditions of the year, the quality of soil preparation and the content of productive moisture in the sowing layer of the soil during sowing, the degree of weed infestation of the crop in the experiment.

We have presented data on the dynamics of biogenic elements in dark-gray podzolized soil during the cultivation of winter rye in permanent sowing. A correlation was established between the level of winter rye yield and the temperature and water regimes of the growing season.

We suggest using the results of research widely for solving fundamental problems of agriculture, for deep complex studies, demonstrating the role of the main factors and conditions of plant life.

Key words: *rye, permanent sowing, yield level, correlation, biogenic elements.*

Введение

В разных странах мира ученые поставили многолетние опыты для того, чтобы установить, какое влияние на урожайность культуры имеет ее бессменное выращивание на одном и том же поле [1–4].

Из зарубежных длительных стационаров всемирно известные опыты Ротамстедской опытной станции в Англии по изучению влияния удобрения бессменной пшеницы, ячменя и многолетних трав, которые заложены между 1843 и 1855 г. Более 140 лет (с 1875 г.) ведется опыт с удобрениями в Гриньоне (Франция) в севообороте пшеница озимая – свекла сахарная. С 1878 г. продолжается опыт с бессменной рожью в Галле (Германия). Бессменные посевы кукурузы и выращивание ее в 2–3-польных севооборотах изучаются более 140 лет (с 1876 г.) в Иллинойском университете (США) [5].

Среди отечественных длительных стационаров заслуживает особого внимания опыт с бессменного выращивания ржи озимой, который заложен в 1884 г. на Полтавском опытном поле (с 1910 г. – опытной станции) и ведется непрерывно до сих пор [6–8].

При повторном и бессменном выращивании продуктивность сельскохозяйственных культур уменьшается, что подтверждают многочисленные длительные опыты. Так, на Ротамстедской опытной станции (Англия) урожайность озимой пшеницы в течение 125 лет в бессменных посевах

снизилась более чем в два раза, а при применении удобрений она хоть и не уменьшалась, однако была значительно ниже, чем в севообороте. В подобных опытах в Галле (Германия) урожайность ржи через 70 лет в бессменных посевах снизилась на 63 %, а в опытах на Чарторийском опытном поле (Житомирская область) она в бессменных посевах на фоне $M_{40}P_{30}K_{30}$ уменьшалась на 32 % по сравнению с севооборотом [5]. Причина снижения продуктивности культур при бессменном их выращивании неоднозначна. В ряде случаев обусловлено это тем, что в них создаются благоприятные условия для развития вредителей и возбудителей болезней свойственных для данной культуры, а также ухудшается питательный режим почвы вследствие одностороннего выноса макро- и микроэлементов из него [7, 8].

Анализ последних исследований и публикаций показывают, что в условиях бессменной культуры развивается и усиливается в системе почва – растение влияние негативных биологических (токсические выделения растений, накопление фитопатогенных бактерий, грибов и других вредных микроорганизмов), химических и физических факторов, которые вызывают явление почвоутомления и, как следствие, снижение продуктивности растений [9–12].

Цель исследований – определить динамику изменения основных биогенных элементов и продуктивность ржи озимой при длительном бессменном выращивании на темно-серой оподзоленной почве.

Основная часть

Исследования проводились на опытном поле Полтавской государственной сельскохозяйственной опытной станции им. Н. И. Вавилова Института свиноводства и агропромышленного производства НААН Украины в течение 1884–2016 гг. на темно-серой оподзоленной почве в подзоне неустойчивого увлажнения левобережной Лесостепи. Посевная и учетная площадь опыта 0,4 га. На всей площади под опытом изучается только один фактор – бессменное возделывание озимой ржи. Повторность – однократная. Почва на данном участке (слой 0–20 см) характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) 2,41 %, легкогидролизуемого азота (по Корнфилду) 92 мг/кг, P_2O_5 подвижного (по Чирикову) – 79 мг/кг, K_2O обменного (по Чирикову) – 120 мг/кг, общего азота и фосфора – 0,15 % и 940 мг/кг; pH – 4,7. Агротехника не изменяется в течение всего периода исследований. Каждый год после уборки урожая проводится рыхление почвы дисковыми боронами на глубину 8–10 см, а через 7–10 дней – вспашка плугом на 22–25 см с одновременным прикатыванием. По мере появления всходов сорняков проводятся культивации с боронованием. Предпосевная культивация и посев озимой ржи с последующим прикатыванием проводятся в середине сентября. Удобрения, а также химические средства защиты посевов от сорняков, болезней и вредителей не применяются. Норма высева 6 млн всхожих семян на гектар. Семена ежегодно возобновляются. За весь исторический период высевали 9 сортов озимой ржи. Сортозамещение проводилось после снятия сорта с районирования.

По результатам наших исследований, максимальная продуктивность ржи получена в 1887 г. – 2,38 т/га (сорт Пробштейнская), несколько меньше она была в 1970 г. – 2,28 т/га (сорт Харьковская 55) и в 1991 г. – 2,26 т/га (сорт Харьковская 78). Минимальная урожайность ржи была в 1954 г. – 0,15 т/га (сорт Петкуская) и в 2016 г. – 0,16 т/га (сорт Хамарка) (табл. 1).

Следует отметить, что введение новых сортов с более высоким генетическим потенциалом продуктивности не сопровождалось повышением урожайности культуры в результате ежегодного одностороннего истощения почвы в связи с отсутствием компенсации выноса питательных веществ в виде удобрений на участке непрерывного длительного возделывания озимой ржи. На этом фоне посевы новых сортов формировали почти такой же урожай зерна, как и предыдущие сорта. Средний урожай зерна ржи озимой за 132 года, наблюдений составляет 1,19 т/га. Первые 10–15 лет, в результате постепенного снижения содержания легкоусвояемых питательных веществ в почве, урожайность уменьшилась до уровня 0,4–0,5 т/га, затем установилось биологическое равновесие между растениями и почвой, а урожайность колебалась в пределах среднего показателя. Различия в урожайности по годам исследований в большей степени взаимосвязаны с характером погодных условий и количеством побегов у растений после перезимовки.

Таблица 1. Урожайность озимой ржи при бессменном возделывании, т/га

Сорт	Период выращивания		Урожайность, т/га		
	годы	продолжительность периода, лет	средняя	максимальная	минимальная
Пробштейнская	1885–1907	23	1,05	2,38	0,35
Полтавская	1908–1910	3	1,37	1,66	1,15
Петкуская	1911–1960	50	1,13	1,89	0,15
Харьковская 194	1961–1964	4	0,93	1,02	0,78

Харьковская 55	1965–1982	18	1,51	2,28	0,59
Харьковская 78	1983–1992	10	1,58	2,26	0,70
Харьковская 88	1993–1998	6	1,15	1,40	0,56
Харьковская 95	1999–2009	11	0,89	1,78	0,34
Хамарка	2010–2016	7	1,27	1,90	0,16
НСР _{0,95}			0,34	–	–

При изучении корреляционной взаимосвязи между уровнем продуктивности озимой ржи и погодными условиями, в разное время года, установлено, что она находилась в широком диапазоне от прямой к обратной. Коэффициент корреляции между показателем урожайности зерна озимой ржи и температурным режимом был разным по периодам года, в частности за весенне–летний он составлял $r = -0,79$, то есть связь между этими показателями была обратной. Значения коэффициентов корреляции за вегетационный ($r = 0,43$) и осенний период ($r = -0,14$) указывают на тенденцию к обратной взаимосвязи, но они незначительны. В целом за год и зимний период, коэффициент корреляции составил соответственно $r = 0,34$ и $r = 0,56$ – корреляция прямая со средней степенью взаимосвязи.

Тесная корреляционная связь отмечена между величиной урожая и количеством осадков за предпосевную и посевную периоды и в начальные фазы роста и развития растений озимой ржи, в частности за июль–август этот показатель составил $r = 0,94$, сентябрь–октябрь – $r = 0,81$ и за июль–ноябрь – $r = 0,92$, тогда как в целом за вегетацию этой культуры – средняя ($r = 0,54$), за год – слабая ($r = 0,03$), а за весенне–летний период – обратная ($r = -0,31$).

Почва является важнейшей составляющей экосистем, а ее плодородие зависит прежде всего от содержания и состава гумуса, количества, поступления и трансформации органического вещества. Вот почему получение своевременной информации об изменениях состояния почвы и их прогнозирования на будущее было и является актуальным для аграриев, особенно для приостановления ее деградации.

Определение динамики содержания гумуса в почве на протяжении всего периода выращивания ржи бессменной дало возможность установить, что за 129 лет этот показатель находился у динамическом состоянии, но при этом все же потери его в 0–20 см слое почвы составили 0,53 %, или 136,5 т/га. Следует отметить, что в 1888 г. содержание этого органического вещества составляло 2,83 %, но в последующие годы происходило изменение показателя гумусированности почвы, которое имело следующую динамику: 1900 – 2,63 %, 1945 – 2,30 %, 1948 – 2,15 %, 1955 – 2,20 %, 1957 – 2,44 %, 1981 – 2,56 %, 1991 – 2,54 %, 2014 – 2,08 %, 2016 – 2,30 %.

Необходимо отметить, что содержание гумуса в почве на протяжении весенне–летнего периода показатель также нестатичный и изменяется в абсолютных величинах. Все это подтверждается результатами агрохимических анализов образцов почвы отобранных в разное время года из слоя 0–20 см на закрепленных площадках. Так если в апреле содержание гумуса составляло 2,52 %, то в июле оно уменьшилось до 2,22 %, а уже в сентябре возросло до 2,60 %. Динамика этого показателя является целиком логичной, так как на его величину имеют влияние ряд природных факторов, и в частности водный и температурный режимы почвы, которые непосредственно влияют на интенсивность гидролиза и синтеза органического вещества. Кроме того, нужно учитывать и то, что растения в разные фазы своего развития с различной интенсивностью поглощают элементы питания с почвы. Все это имеет прямое влияние на динамику содержания гумуса.

За последние годы исследований изменяются и качественные показатели гумуса как в 0–20 см, так и в 21–40 см слоях почвы и в частности, соотношение между углеродом гуминовых и фульвокислот. Аналитические исследования показывают, что в 1964 г. в 0–20 и 21–40 см слоях почвы соотношение между углеродом фульвовых и гуминовых кислот становило, составило, 1:1,15 и 1:1,26, то уже в 1979 г. – 1:0,93 и 1:1,16, а в 2012 г. – 1:0,93 и 1:0,99.

Исследования показывают, что в течение всего периода проведения исследований с культурой бессменной ржи происходит трансформация содержания основных макро- и микроэлементов в темно-серой оподзоленной почве, однако этот процесс протекает на относительно стабильном уровне (табл. 2). Показатель содержания легкоусвояемых питательных веществ имеет динамичный характер, но в то же время изменения его проходят без резких колебаний. Так если в 1964 г. содержание подвижного фосфора и обменного калия (по Чирикову) в 0–10 см слое почвы составляло 131 и 123 мг/1000 г почвы, то через 26 лет, в 1990, значения вышеприведенных показателей практически не претерпели существенных изменений и составили соответственно 132 и 138 мг/1000 г почвы. По данным аналитических исследований; в 2002 г. содержание подвижного фосфора и об-

менного калия в 0–20 и 21–40 см слоях почвы составлял 66 и 118 и 166 и 142 мг / 1000 г почвы, а в 2014 г. – содержание этих элементов питания изменился и уже равен, соответственно 97 и 71, 192 и 140 мг/1000 г почвы.

Содержание легкогидролизуемого азота, по годам существенно не изменялось. В частности, в 1964 и 1990 гг., в 0–10 см слое почвы содержание элемента равно соответственно 95 и 104 мг/1000 г почвы, а в 2002 и 2014 г., в 0–20 см слое почвы было практически на том же уровне – 93 и 98 мг/1000 г почвы.

Таблица 2. Динамика агрохимических показателей в темно-серой почве при выращивании озимой ржи бесценно

Горизонт, см	N легко-гидролизуемый, мг/кг	По Чирикову, мг/кг		N общий, %	P ₂ O ₅ общий, мг/кг	pH солевое, ед.	Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г
		P ₂ O ₅	K ₂ O				
1964 г.							
0-10	95	131	123	–	–	5,5	2,4
1981 г.							
0-10	98	123	197	–	–	4,9	3,6
1990 г.							
0-10	104	132	138	–	–	5,4	3,1
2002 г.							
0-20	93	66	166	0,141	884	–	–
21-40	59	118	142	0,102	806	–	–
2010 г.							
0-20	88	101	184	0,139	785	4,8	3,7
21-40	64	64	165	0,120	801	4,6	3,8
2014 г.							
0-20	98	97	192	0,148	823	5,4	3,3
21-40	65	71	140	0,111	724	4,6	3,5

Аналогичная закономерность наблюдалась и по содержанию общих форм азота и фосфора в почве. Так, если в 2002 г., в 0–20 и 21–40 см слоях почвы общего азота и фосфора было в наличии 0,141 % и 884 мг/1000 г, то в 2014 г., содержание этих элементов почти не изменилось и было на уровне 0,148 % и 823 мг/1000 г. Менее стабилен по годам показатель кислотности почвы. Так, в 1964 г., pH солевой вытяжки составляла 5,5 ед., а гидролитическая кислотность 2,4 ммоль/100 г почвы, в 1981 г. соответственно 4,9 ед. и 3,6 ммоль/100 г почвы, в 2014 – 5,4 ед., и 3,3 ммоль/100 г почвы.

Заключение

1. Полтавский многолетний эксперимент по выращиванию бесценно на постоянном участке озимой ржи в течение уже 132 лет, безусловно, не потерял своей актуальности с научной точки зрения и сегодня. Результаты таких длительных во времени исследований широко используются для решения фундаментальных вопросов земледелия, для глубоких комплексных исследований, демонстрации роли основных факторов и условий жизни растений.

2. Средний урожай зерна ржи озимой в опыте за 132 г. наблюдений составляет 1,19 т/га. Уровень продуктивности культуры изменялся в зависимости от степени благоприятности погодных условий года, качества подготовки почвы и содержания продуктивной влаги в посевном слое почвы во время сева, степени засоренности посева в опыте.

3. Содержание питательных веществ показатель динамичный, но в то же время изменения его проходят на относительно стабильном уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anon (1957) "Alternate wheat and fallow, Hoosfield, in 'Field Experiments Section'". Rothamsted Experimental Station Report for 1956;184–187.
2. Jenkinson DS. The Rothamsted long-term experiments: are they still of use? *Agronomy Journal*. 1991;**83**(1):2–10.
3. Ellmer F, Peschke H, Köhn W, Chmielewski FM, Baumecker M. Die Dauerfeldversuche an der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin. Übersicht und ausgewählte Ergebnisse. *Int. Symp. Dauerdüngungsversuche als Grundlage für nachhaltige Landnutzung und Quantifizierung von Stoffkreisläufen*. Eds W. Mehrbach, M. Körschens. (3–5 Juni 1999 in Halle/Saale). UFZ-Bericht. 1999;24:21–24.
4. Мазиров, М. А. Длительный полевой опыт РГАУ-МСХА: сущность и этапы развития / М. А. Мазиров, А. Ф. Сафонов // *Известия ТСХА*. – 2010. – Выпуск 2. – С. 66–75.
5. Гудзь, В. П. Землеробство: підручник. 2-ге вид. перероб. та доп. / В. П. Гудзь, І. Д. Примак, Будьонний Ю. В., С. П. Танчик / За ред. В. П. Гудзя. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 464 с.
6. Труды Полтавской сельскохозяйственной опытной станции: Краткие результаты работ отдела полеводства. – 1926. – Вып. 46 – С. 12.

7. Опара, М. М. Безмінне жито – один з унікальних дослідів світового землеробства / М. М. Опара, Л. Д. Глущенко, М. І. Гриб, М. М. Ампілогова // Вісник Полтавського державного сільськогосподарського інституту. – 1999. – № 4. – С. 41–43.
8. Белявский, Ю. В. Многолетнее бессменное выращивание озимой ржи: состояние и перспективы / Ю. В. Белявский // Известия ТСХА, вып. 3. – 2012 – С. 107–117.
9. Воробьев, С. А. Изменение урожая бессменных культур в зависимости от метеорологических условий / С. А. Воробьев, А. Ф. Сафонов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – Выпуск 5. – 1979. – С. 10–16.
10. Дьяков, В. Н. Стоит ли возделывать озимую рожь после самой себя / В. Н. Дьяков // Земледельческая газета. – 1894. – № 17. – С. 367–369.
11. Сівозміни у землеробстві України / За ред. В. Ф. Сайка, П. І. Бойка. – Київ, Аграрна наука. – 2002. – 146 с.
12. Chmielewski FM. Impact of climate changes on crop yields of winter rye in Halle (southeastern Germany), 1901 to 1980. *Clim Res.* 1992;**2**:23–33.