



УДК 633.13:551.58:63:54 (571.16–17)

Ю.Н. АНКУДОВИЧ, научный сотрудник, руководитель сектора*Нарымский отдел Сибирского научно-исследовательского института
сельского хозяйства и торфа*

636464, Томская область, г. Колпашево, ул. Науки, 20

e-mail: sibniit@mail.tomsknet.ru

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОВСА В УСЛОВИЯХ СЕВЕРА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Проанализированы некоторые зависимости урожайности овса от климатических и агрохимических факторов в условиях севера Томской области. Исследования проведены на базе заложенного в 1947 г. во времени и в пространстве стационарного опыта по изучению органоминеральной системы удобрения и севооборотов сельскохозяйственных культур. Для исследования брали экспериментальные данные за 1983–2007 гг. Установлено, что урожайность овса лишь на 38 % определяется тепло- и влагообеспеченностью периода вегетации. Полное минеральное удобрение в дозе 60 кг д.в./га на фоне последствий навоза в дозе 40 т/га обеспечивает максимальный прирост зерна овса по сравнению с естественным фонном без удобрений – 1,39 т/га (89 %). Большие дозы минеральных удобрений (90 и 120 кг д.в./га) в данных условиях не имеют преимуществ по сравнению с дозой 60 кг д.в./га, прибавки к контрольному варианту 1,27 (81 %), 1,28 (82 %) и 1,36 (87 %) т/га соответственно. Обеспеченность овса в конце ротации севопольного севооборота основными элементами питания на достаточном для роста и развития растений уровне: $N-NO_3$ –1,4–8,4 мг/100 г почвы, K_2O – 5,1–7,5, P_2O_5 – 18,1–22,7 мг/100 г почвы. Сделано заключение, что урожайность овса на 96 % определяется содержанием в почве подвижных катионов фосфора, калия и азота.

Ключевые слова: Томская область, овес, урожайность, дерново-подзолистые почвы, гидротермический коэффициент, органические и минеральные удобрения.

Север Томской области относится к зоне рискованного земледелия, агроклиматические условия которой довольно экстремальны. Континентальный климат области со среднегодовой температурой воздуха ниже нуля характеризуется холодной продолжительной зимой, значительным снежным покровом и сравнительно влажным коротким теплым летом, непродолжительными переходными и безморозными периодами. В данной зоне преобладают почвы подзолистого типа в сочетании с болотными, которые отличаются повышенной кислотностью, высокой подвижностью алюминия, низким уровнем плодородия, поскольку слабо обеспечены азотом, в средней степени – фосфором и калием [1].

Систематическое многолетнее применение органических и минеральных удобрений позволяет регулировать питательный режим дерново-подзолистых почв и обеспечивать высокую продуктивность сельскохозяйственных культур в агроценозе [2].

Овес – одна из основных зерновых сельскохозяйственных культур в Западной Сибири. Природно-климатические условия средней и южной тайги Томской области являются благоприятными для выращивания овса, при правильной агротехнике возделывания он ежегодно способен давать высокие урожаи. Для обеспечения экономической и экологической стабильности Сибирского региона необходимо в экстремальных условиях изменяющегося климата при минимальных затратах выращивать культуры, способные давать высокие урожаи зерна [3, 4].

Цель исследования – выявить уровень зависимости урожайности овса от климатических и агрохимических факторов севера Томской области.

МЕТОДИКА И УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на опытном поле Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства и торфа (СибНИИСХиТ) на базе заложенного в 1947 г. во времени и в пространстве стационарного опыта по изучению органоминеральной системы удобрения и севооборотов сельскохозяйственных культур. Для исследования брали экспериментальные данные за 1983–2007 гг. Севооборот семипольный зернопаротравяной с чередованием культур: занятый пар – ячмень с подсевом клевера – клевер второго года – озимая рожь – яровая пшеница – овес + горох – овес. В опыте использовали районированные сорта овса местной селекции Нарымский 943 и Таежник.

Агротехника в опыте соответствует зональным рекомендациям, определения и учеты проводили по общепринятым методикам. Повторность опыта трехкратная. Учетная площадь делянок 200 м². Один раз в ротацию в паровое поле вносили полуперепревший навоз крупного рогатого скота в дозе 40 т/га, а также ежегодно перед посевом зерновых культур – минеральные удобрения в дозах 60, 90 и 120 кг д.в./га. Посев овса осуществляли рядовым способом в III декаде мая – I декаде июня с нормой высева овса 6 млн всхожих семян/га. Уборку проводили в фазу полной спелости, учет урожая поделяночный. Математическая обработка данных проведена методами дисперсионного и регрессионного анализа по Б.А. Доспехову [5] с использованием пакета статистических программ Snedecor [6], а также с помощью базы данных и программы анализа многолетних данных Нарымского стационара Rotation [7, 8].

Почвенные пробы для анализа отбирали почвенным буром в фазу восковой спелости овса (III декада августа – I декада сентября) с пахотного горизонта (0–20 см) в шести местах опытной делянки.

Агрохимические анализы почвы проводили общепринятыми для дерново-подзолистых почв методами: подвижный фосфор – по Кирсанову, подвижный калий – по Пейве, нитратный азот – с дисульфифеноловой кислотой, рН_{KCl} – по Алямовскому [9].

Почва под опытными посевами дерново-подзолистая песчаная с мощностью гумусового горизонта до 10 см, глубиной пахотного слоя 22 см. До закладки опыта характеризовалась низким содержанием гумуса в пахотном горизонте (2,0 %), повышенной солевой и гидролитической кислотностью (рН_{KCl} – 4,7, Нг – 4,2 мг-экв./100 г), высоким содержанием подвижного алюминия (3,4 мг/100 г почвы), средним содержанием под-

вижного фосфора и калия (P_2O_5 – 8,0 мг/100 г, K_2O – 6,0 мг/100 г) и очень низким содержанием нитратного азота (0,7 мг/100 г) [10].

Метеорологические условия южной тайги Томской области по условиям теплообеспеченности характеризуются как умеренно прохладные: среднегодовая температура воздуха $-1,4...-2,0$ °С, сумма активных температур 1600–1700°; по степени увлажнения относятся к влажным зонам: среднегодовое количество осадков около 500 мм, из них на период вегетации приходится 120–340 мм, коэффициент увлажнения 1,4–1,6 [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние климатических факторов на урожайность овса. Погодные условия вегетационного периода 1983–2007 гг. соответствовали среднегодовым значениям тепло- и влагообеспеченности для данной зоны (рис. 1).

Среднесуточная температура воздуха постепенно нарастала от начала вегетации в конце мая и достигала максимума в июле. При этом показатель теплообеспеченности по годам изменялся незначительно ($V = 7,0$ %) (см. рис. 1).

Выпадение осадков за период вегетации довольно равномерное – в мае 19 % от суммы осадков за весь период, в июне и августе около 25 %, в июле выпадало максимальное количество – 30 %. При этом увлажнение по годам исследования характеризуется значительной вариабельностью ($V = 35,0$ %) (см. рис. 1).

В целом климатические ресурсы периода исследований характеризовались сильной вариабельностью по показателю тепло- и влагообеспеченности (ГТК по Селянинову) как по месяцам ($V = 43,0-89,4$ %), так и в целом за вегетационный период ($V = 35,8$ %). Из 23 лет исследования только 3 года (13 %) были недостаточно увлажненными (ГТК $<1,0$), 11 лет (48 %) – благоприятными по влагообеспеченности (ГТК 1,0–1,5) и 9 лет (39 %) – переувлажненными (ГТК $> 1,5$) (табл. 1).

Урожайность овса в целом за период исследований отличалась довольно значительной вариабельностью ($V = 32,1$ %). Однако линейный корреляционный анализ экспериментальных данных выявил, что зависимость

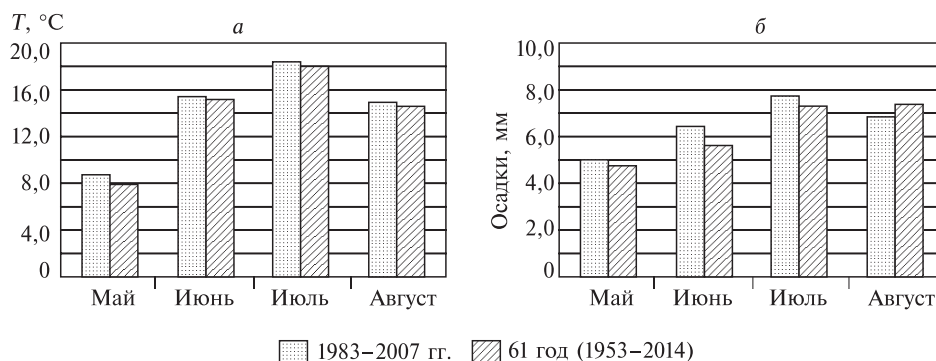


Рис. 1. Распределение за вегетационный период:
а – средних температур воздуха; б – осадков

Таблица 1

Метеорологические условия вегетационного периода 1983–2007 гг.

Год	Сумма осадков, мм	Средняя температура воздуха, °С	Сумма температур > 10 °С	ГТК (по Селянинову)				
				Май – август	Май	Июнь	Июль	Август
1983	239,6	13,8	1697	8,2	0,3	1,7	1,3	1,4
1984	179,6	13,5	1663	1,5	1,3	0,9	0,9	1,1
1985	297,2	13,0	1595	6,9	2,3	0,8	1,0	1,9
1986	283,9	12,9	1587	2,9	0,9	2,1	1,7	1,8
1987	224,1	14,0	1722	1,4	2,5	0,5	1,3	1,3
1988	199,3	12,9	1585	2,9	2,3	0,1	1,2	1,3
1989	224,3	14,6	1796	2,6	1,8	0,5	0,9	1,2
1990	340,3	15,1	1860	2,5	1,1	2,5	1,2	1,8
1991	226,1	14,7	1791	0,7	1,8	1,3	1,1	1,3
1992	345,1	13,5	1666	2,1	2,0	1,2	3,2	2,1
1993	201,7	14,6	1800	1,4	1,8	0,2	1,4	1,1
1994	90,9	15,6	1909	0,6	0,3	0,4	0,7	0,5
1995	202,3	14,4	1772	1,0	2,2	0,4	1,3	1,1
1996	248,2	12,3	1649	2,5	1,6	0,8	2,2	1,5
1999	222,0	14,3	1896	0,4	1,6	1,1	1,7	1,2
2000	220,2	15,1	1835	1,9	1,2	0,8	1,2	1,2
2001	374,2	15,3	1877	1,4	2,4	2,5	1,6	2,0
2002	324,6	15,0	1844	1,1	0,7	2,7	2,3	1,8
2003	163,0	16,2	1968	0,9	0,7	1,2	0,5	0,8
2004	356,0	15,5	1888	0,6	1,5	3,2	2,1	1,9
2005	332,5	15,2	1874	1,6	0,6	3,4	1,1	1,8
2006	138,1	14,7	1795	1,3	0,4	0,5	1,4	0,8
2007	493,6	13,9	1707	5,7	2,7	2,3	2,5	2,9
Среднее ...	257,7	14,4	1773	2,3	1,5	1,4	1,5	1,5
V, %	35,0	7,0	6,3	89,4	50,7	73,5	43,0	35,8

между урожайностью овса и показателем ГТК (май – август) очень слабая, обратная по значению ($r = -0,15 \pm 0,2$) и статистически недостоверна. Сделано предположение о возможном наличии криволинейной зависимости, что подтвердилось в результате статистических расчетов: гипотеза о линейности была отвергнута на 5%-м уровне значимости.

Показателем, измеряющим степень криволинейной зависимости, является корреляционное отношение η . Оно определяет степень корреляции при любой ее форме [5]. Следует отметить, что в условиях севера Томской области существует достоверная сопряженность между урожайностью овса и ГТК вегетационного периода: $\eta = 0,62 \pm 0,17$ ($\eta^2 = 0,38$, или 38 %), т.е. варьирование урожайности на 38 % вызвано колебаниями тепло- и влагообеспеченности.

График регрессии урожайности по ГТК (май – август) показывает, что урожайность овса минимальная (1,8 т/га) при ГТК < 1,0 (рис. 2). С увели-

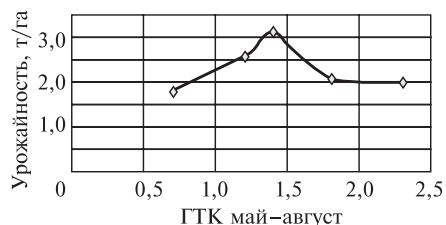


Рис. 2. Изменение средней урожайности овса в зависимости от ГТК вегетационного периода (1983–2007 гг.)

чением тепло- и влагообеспеченности до ГТК = 1,3–1,5 урожайность возрастает, достигая максимального уровня (3,1 т/га). При дальнейшем увеличении коэффициента увлажненности (ГТК > 1,5) урожайность падает до 2,0 т/га.

Влияние удобрений на агрохимические свойства почвы. Исследования содержания в почве подвижных форм азота, фосфора и калия в конце ротации семипольного севооборота показали, что изменения были в основном положительными. При применении органических и минеральных удобрений в большинстве вариантов отмечена тенденция увеличения содержания макроэлементов по сравнению с контрольным вариантом без удобрений (табл. 2).

Содержание нитратной формы азота в варианте с последствием навоза в дозе 40 т/га находится на среднем уровне – 1,4 мг/100 г почвы, во всех остальных вариантах с удобрениями на высоком уровне – 2,8–8,4 мг/100 г почвы. Однако эти изменения находятся в пределах ошибки опыта. Максимальное статистически достоверное увеличение количества азота зафиксировано в варианте с дозой $N_{120}P_{120}K_{120}$ кг д.в./га (7,2 мг к контролю).

Содержание подвижного фосфора во всех вариантах опыта высокое – от 16,2 до 22,7 мг/100 г почвы. Статистически достоверное превышение над контролем отмечено в вариантах $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг д.в./га (4,1 мг), $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{90}P_{90}K_{90}$ кг д.в./га по фону навоза 40 т/га (3,4 и 6,0 мг соответственно).

Содержание подвижного калия по фону последствия навоза 40 т/га находилось на низком уровне – 5,1 мг/100 г. Во всех остальных вариантах с удобрениями на среднем уровне – 7,2–7,5 мг/100 г. Здесь получены статистически достоверные прибавки к контрольному варианту (в среднем 2,4 мг).

Таблица 2

Влияние органических и минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы в конце ротации семипольного севооборота (среднее за 1983–2007 гг.)

Вариант	$N-NO_3$, мг/100 г	±	P_2O_5 , мг/100 г	±	K_2O , мг/100 г	±	pH _{KCl}	±
Контроль (без удобрений)	1,2		16,7		5,0		4,6	
Навоз, 40 т/га	1,4	+0,2	16,2	-0,5	5,1	+0,1	4,5	-0,1
$N_{90}P_{90}K_{90}$	3,4	+2,2	18,4	+1,7	7,2	+2,2	5,2	+0,6
$N_{120}P_{120}K_{120}$	8,4	+7,2	18,1	+1,4	7,5	+2,5	4,5	-0,1
$N_{60}P_{60}K_{60}$	3,8	+2,7	20,8	+4,1	7,5	+2,6	4,4	-0,3
Навоз 40 т/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$	2,8	+1,6	20,2	+3,4	7,2	+2,3	4,6	0,0
Навоз 40 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	3,2	+2,1	22,7	+6,0	7,2	+2,3	5,1	+0,5
НСР 5 %	3,1		2,1		1,2		0,2	

Кислотность почвенного раствора от последствия навоза 40 т/га и навоза 40 т/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг д.в./га осталась на среднекислом уровне контрольного варианта без удобрений – 4,5–4,6. От применения минеральных удобрений в дозах $N_{60}P_{60}K_{60}$ и $N_{120}P_{120}K_{120}$ кг д.в./га значение pH_{KCl} понижалось до сильнокислой степени (–0,1...–0,3 ед.). В вариантах $N_{90}P_{90}K_{90}$ кг д.в./га и навоз 40 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$ кг д.в./га значение pH_{KCl} на слабокислом уровне статистически достоверно превышало контрольный вариант (0,6 и 0,5 ед. соответственно) (см. табл. 2).

Влияние удобрений на урожайность овса. Урожайность овса в среднем за 1983–2007 гг. повышалась от систематического применения органических и минеральных удобрений (табл. 3).

На 7-й год последствия навоза 40 т/га отмечена тенденция увеличения урожайности на 0,20 т/га по отношению к контрольному варианту. Статистически достоверное повышение урожайности наблюдалось во всех вариантах опыта с минеральными удобрениями по фону навоза и без него – в пределах 1,27–1,39 т/га (81–89 % к контролю). Наибольшая урожайность отмечена в варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг д.в./га по фону навоза 40 т/га: прибавка урожайности к контрольному варианту без удобрений составила 1,39 т/га. Вариант с большей дозой минеральных удобрений ($N_{90}P_{90}K_{90}$ кг д.в./га по фону навоза 40 т/га) не имел преимуществ: прибавка 1,30 т/га. Наибольшая эффективность минеральных удобрений без органического фона зафиксирована в варианте с меньшей дозой $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг д.в./га: прибавка 1,36 т/га. В вариантах $N_{90}P_{90}K_{90}$ кг д.в./га и $N_{120}P_{120}K_{120}$ кг д.в./га прибавки урожайности составили 1,27 и 1,28 т/га соответственно.

В результате регрессионного анализа выявлено, что урожайность овса на дерново-подзолистых почвах севера Томской области в конце ротации севопольного севооборота, которую можно получить без применения удобрений, колеблется от 0,91 до 2,09 т/га (табл. 4). Органические и минеральные удобрения оказывали достоверное положительное действие на урожайность овса – доля влияния фактора $r^2 = 0,96$, или 96 % (при коэффициенте множественной корреляции $r = 0,98 \pm 0,1$).

Таблица 3
Влияние удобрений на урожайность овса (среднее за 1983–2007 гг.)

Вариант	Урожайность овса		
	т/га	± к контролю	% к контролю
Контроль (без удобрений)	1,56		
Навоз, 40 т/га	1,75	+0,19	12
$N_{90}P_{90}K_{90}$	2,83	+1,27	81
$N_{120}P_{120}K_{120}$	2,84	+1,28	82
$N_{60}P_{60}K_{60}$	2,92	+1,36	87
Навоз 40 т/га + $N_{60}P_{60}K_{60}$	2,95	+1,39	89
Навоз 40 т/га + $N_{90}P_{90}K_{90}$	2,86	+1,30	83
Среднее...	2,53		
НСР 5 %	0,40		

Таблица 4

Регрессионный анализ связи урожайности овса с агрохимическими факторами

Агрономический фактор, мг/100 г	Уравнение производственной функции	Коэффициент корреляции (r)	Доля влияния фактора, % (r^2)
K ₂ O	$Y = -0,91 + 0,52 \times K_2O$	0,78**	61
N-NO ₃	$Y = 2,09 + 0,14 \times N-NO_3$	0,64*	41
P ₂ O ₅	$Y = -1,18 + 0,20 \times P_2O_5$	0,79**	62

Примечание. Y – урожайность, т/га.

*Достоверно на 95%-м уровне.

**Достоверно на 99%-м уровне.

По результатам регрессионного анализа составлены уравнения производственной функции урожайности овса в зависимости от агрохимических факторов. При этом доля влияния нитратного азота в формировании прибавки урожайности овса средняя – 41 %. Влияние подвижных форм фосфора и калия на урожайность овса значительнее – 62 и 61 % соответственно.

Установлено, что урожайность овса в данных условиях практически не зависит от кислотности почвенного раствора ($r = -0,01 \pm 0,4$).

ВЫВОДЫ

1. В условиях севера Томской области урожайность овса определяется метеорологическими условиями вегетационного периода лишь на 38 % ($\eta^2 = 0,38 \pm 0,17$). Оптимальными показателями тепло- и влагообеспеченности для максимальной продуктивности овса является коэффициент ГТК (по Селянинову), равный 1,2–1,4.

2. На дерново-подзолистых почвах в конце ротации севопольного севооборота изменение урожайности овса на 96 % ($r^2 = 0,96 \pm 0,1$) обусловлено действием содержащихся в почвенном растворе подвижных катионов фосфора, калия и азота.

3. При применении органических и минеральных удобрений в почве возрастает содержание подвижных макроэлементов: нитратного азота в среднем на 2,7 мг/100 г почвы, подвижного калия на 2,0, подвижного фосфора на 3,3 мг/100 г почвы по сравнению с контрольным вариантом без удобрений.

5. Последствие внесенного один раз в ротацию (7 лет) навоза в дозе 40 т/га совместно с минеральными удобрениями в дозе 60 кг д.в./га обеспечивает наибольшее повышение урожайности овса – на 89 % по сравнению с естественным фоном без удобрений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агроклиматические ресурсы Томской области. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 147 с.
2. Анкудович Ю.Н. Эффективность длительного применения средств интенсификации в условиях таежной зоны Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 12. – С. 29–31.
3. Комарова Г.Н. Исцеляющая сила овса Нарымской селекции: реком. – Томск: Ветер, 2009. – 24 с.

4. Комарова Г.Н. Селекция овса в таежной зоне Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 12. – С. 12–13.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1973. – 336 с.
6. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – Изд. 2-е. – Краснообск: РПО СО РАСХН, 2010. – 282 с.
7. Белоусов Н.М., Сорокин О.Д., Вервайн О.Д., Анкудович Ю.Н. Программа комплексного анализа многолетних опытных данных Нарымского стационара «Rotation». – Томск: Ветер, 2013. – 40 с.
8. Белоусов Н.М., Сорокин О.Д., Анкудович Ю.Н. Программа комплексного анализа многолетних опытных данных Нарымского стационара // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 5. – С. 79–82.
9. Петербургский А.В. Практикум по агрохимии. – М., 1952. – 440 с.
10. Реестр длительных стационарных полевых опытов государственных научных учреждений СО Россельхозакадемии / Л.Ф. Ашмарина, А.И. Ермохина, Т.А. Галактионова; под ред. Н.И. Кашеварова. – Изд. 1-е. – Новосибирск, 2009. – С. 270–275.

Поступила в редакцию 12.08.2015

YU.N. ANKUDOVICH, Researcher, Sector Head

*Narym Department of Breeding and Seed Production,
Siberian Research Institute of Agriculture and Peat*

20, Nauki St, Kolpashevo, Tomsk Region, 636464, Russia

e-mail: sibniit@mail.tomsknet.ru

EFFECT OF CLIMATIC AND AGROCHEMICAL FACTORS ON OATS PRODUCTIVITY UNDER CONDITIONS OF THE NORTH OF TOMSK REGION

There were analyzed certain dependencies of oats productivity on climatic and agrochemical factors under conditions of the north of Tomsk Region. Investigations were carried out in the experimental field of the Siberian Research Institute of Agriculture and Peat, Tomsk, based on a long-term field experiment established in 1947 in time and space to study the organomineral fertilizer system and agricultural crop rotations. The experimental data for 1983–2007 were to be investigated. It has been found that oats productivity is only 38 percent determined by heat and moisture availability during the growing period. It has been revealed that the NPK-compound in a dose of 60 kg a. i. per ha against the background of 40 t/ha manure aftereffect provides the maximum increase in oat grain yield as compared with the natural background without fertilizers, that is 1.39 t/ha (89%). The high doses of mineral fertilizers of 90 and 120 kg a. i. per ha did not have an advantage in this case as compared with the dose of 60 kg a. i. per ha; the gains to the control were 1.27 (81%), 1.28 (82%), and 1.36 (87%), respectively. The availability of oats with major nutrition elements at the end of seven-course rotation cycle at the level sufficient for the plant growth and development is N–NO₃–1.4–8.4 mg per 100 g of soil, K₂O–5.1–7.5, P₂O₅–18.1–22.7 mg per 100 g of soil. It has been concluded that oats productivity is 98 percent determined by the content of labile phosphorus, potassium and nitrogen cations in soil.

Keywords: Tomsk Region, oats, productivity, sward-podzolic soils, hydrothermic coefficient, organic and mineral fertilizers.