

Биоэнергетическая оценка эффективности севооборотов различных типов в условиях сухостепной зоны

Ю.Г. Кузнецов, к.с.-х.н., Донской зональный НИИСХ

Переход к рыночной экономике и изменение цен на материалы, оборудование, топливо и услуги не позволяют использовать не только традиционные, но и современные экономические методы для объективной оценки эффективности возделывания культур по той или иной технологии. Поскольку объективная оценка всё же необходима, то статью может только энергетический способ определения эффективности возделывания культуры, применения определённой технологии, выявления энергозатрат и энергосодержания урожая [1].

Материалы и методы исследования. Опытный участок находится в северо-восточной части Орловского района Ростовской области.

Особенностью климата является резкая континентальность с частыми суховеями летом и большими морозами зимой в период бесснежья, морозы в отдельные годы достигают $37-40^{\circ}\text{C}$. Среднегодовая температура воздуха составляет $8,2-9,4^{\circ}\text{C}$. Лето сухое и жаркое с максимальной температурой $38-40^{\circ}\text{C}$, средняя месячная температура июля $23-24^{\circ}\text{C}$. В засушливые годы весной и летом часто не выпадает осадков в течение длительного периода времени. Вегетационный период составляет более 217 дн. За этот период осадков выпадает до 180–235 мм, а за год — 341–417 мм [2].

При среднемноголетних значениях ГТК тёплого периода 0,77 значения по годам, 2012 и 2013, существенно отличались — 0,67 и 0,62 соответственно. Дефицит влагообеспеченности, как правило, имел место в фазу кушения озимых культур, в период всходов ранних яровых и в период цветения поздних яровых культур, тем самым создавая неблагоприятные условия для их роста и развития в течение указанных периодов.

Почвенный покров представлен средне- и тяжелосуглинистыми каштановыми почвами в комплексе со средними и глубокими солонцами. Содержание гумуса в пахотном слое составляет

2,7–3,2%, валового азота — 0,21, подвижного фосфора — 33,6 мг/кг, обменного калия — 321,4 мг/кг. Реакция почвенного раствора слабощелочная, $\text{pH} = 7,5-7,8$ [3].

Схема опытов предусматривала два семипольных севооборота: один — с многолетними травами, другой — с наличием чистого пара (табл. 1).

1. Схема полевого опыта

Севооборот I зернотравяной	Севооборот II зернопаропропашной
1. Горох	1. Пар
2. Озимая пшеница	2. Озимая пшеница
3. Горчица + многолетние травы	3 Нут
4. Многолетние травы, 2 года жизни	4. Озимая рожь
5. Многолетние травы, 3 года жизни	5. Сорго
6. Озимая тритикале	6. Яровой ячмень
7. Суданская трава	7. Подсолнечник

Повторность опыта трёхкратная. Площадь делянок по всем вариантам опыта была равна 2400 м^2 . Опыт включал четыре варианта обработки почвы: О — отвальная обработка (ПН-5–35); Б — безотвальная обработка (ПЧ-2,5); П — поверхностная обработка (дискатор БДМ 3×4); Н — нулевая обработка (No-till). Все обработки, кроме нулевой, велись на глубину 18–20 см (под сплошные посевы) и на 25–27 см (под пропашные культуры).

На опытном участке применялась агротехника возделывания сельскохозяйственных культур, рекомендуемая в восточной сельскохозяйственной зоне. Сорты культур — районированные, сроки сева и уборки, норма высева — оптимальные, всхожесть семян — соответствующая показателям I класса посевных стандартов. Уровень питания для севооборота I — $\text{N}_{21}\text{P}_{36} + 0,9 \text{ т/га}$ соломы, для севооборота II — $\text{N}_{32}\text{P}_{34}\text{K}_{16} + 1,5 \text{ т/га}$ соломы + 5,6 т/га навоза. Системой защиты растений предусмотрено макси-

мальное использование агротехнических приёмов, химические средства — факультативно.

Учёт урожая зерновых и зернобобовых культур проводили прямым комбайнированием (Дон-1500), горчицы и суданской травы на зелёный корм и сено — укосным методом вручную, по методике ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса [4], математическую обработку данных — методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [5].

Энергозатраты рассчитывали на основе технологических карт возделывания культур севооборотов, отражающих весь комплекс работ по данной культуре и состав применяемой техники и агрегатов, материально-технических средств и труда. Биоэнергетическая оценка культур севооборота проведена по А.В. Удалову и др., энергоэффективность определена как отношение энергии, накопленной в урожае, к затратам совокупной энергии [1].

Результаты исследований. Анализ биоэнергетической оценки выращивания культур в севооборотах показал, что большинство изучаемых культур имеет близкий характер изменения урожайности и энергии, накопленной в урожае, в зависимости от основной обработки каштановой почвы. При этом чётко просматривается зависимость по затратам: максимальные — при отвальной или безотвальной вспашке, минимальные — при поверхностной обработке или без неё. Показатели энергии, накопленной в урожае, изменялись соответственно по культурам и способам обработки почвы. Так, в севообороте I больше всего энергии накопилось в урожае горчицы, многолетних трав и суданской травы: 51169–61523 Мдж/га, 61861–84493 Мдж/га и 202637–300789 Мдж/га соответственно (табл. 2). При сравнительно высоких затратах совокупной энергии эти культуры обеспечили высокую (9,00;

2. Биоэнергетическая оценка выращивания культур зернотравяного севооборота, 2012–2013 гг.

Культура	Способ обработки	Урожайность, ц/га			Затраты совокупной энергии, Мдж/га	Энергия, накопленная в урожае, Мдж/га	Энергетическая эффективность, Е
		2012 г.	2013 г.	средняя			
Горох	О	8,9	11,3	10,1	6232	18968	3,03
	Б	7,4	10,2	8,8	6226	16500	2,65
	П	7,5	9,3	8,4	5442	15750	2,89
	Н	7,5	8,0	7,8	5203	14625	2,81
	НСР ₀₅	0,58	1,30	—	—	—	—
Озимая пшеница по гороху	О	13,1	15,4	14,2	4829	25375	5,25
	Б	15,1	17,0	16,1	4829	28771	5,95
	П	14,1	16,4	15,2	4829	27162	5,62
	Н	14,5	26,7	20,6	4829	36812	7,62
	НСР ₀₅	0,37	2,32	—	—	—	—
Горчица, (сух. масса)	О	27,9	31,1	32,5	7630	61523	8,06
	Б	27,3	33,2	30,2	7624	57169	7,49
	П	21,0	40,4	30,7	7024	58115	8,27
	Н	26,5	36,3	31,4	6601	59440	9,00
	НСР ₀₅	1,63	2,50	—	—	—	—
Многолетние травы, 2 г.ж. (сено)	О	39,7	25,9	32,8	4626	61861	13,37
	Б	39,7	36,4	38,1	4626	71857	15,53
	П	42,0	38,6	40,4	4626	76006	16,43
	Н	33,2	40,8	37,0	4626	69782	15,08
	НСР ₀₅	3,99	5,86	—	—	—	—
Многолетние травы, 3 г.ж. (сено)	О	35,0	33,0	34,0	4626	64124	13,86
	Б	35,0	35,9	35,4	4626	66764	14,43
	П	35,0	54,6	44,8	4626	84493	18,26
	Н	35,0	40,1	37,6	4626	70914	15,32
	НСР ₀₅	3,12	5,48	—	—	—	—
Озимая тритикале	О	13,5	10,3	11,9	4829	21503	4,45
	Б	16,0	12,2	14,1	4829	25479	5,27
	П	10,9	8,5	9,7	4829	17528	3,62
	Н	10,4	10,6	10,5	4829	18974	3,92
	НСР ₀₅	0,82	0,98	—	—	—	—
Суданка (сено)	О	117,3	224,3	171,0	6988	300789	43,04
	Б	101,6	178,8	139,2	5932	244853	41,27
	П	92,0	138,3	115,2	5332	202637	38,00
	Н	101,3	175,4	139,4	4909	245205	49,95
	НСР ₀₅	3,88	7,71	—	—	—	—

18,26; 49,95) энергетическую эффективность. Озимые (пшеница и тритикале) по непаровому предшественнику значительно (в 2–3 раза), уступали однолетним культурам по накопленной в урожае энергии и эффективности (табл. 2, 3).

Наименее энергоэффективной культурой севооборота I явился горох, чьи показатели энергетической эффективности при невысоком урожае и достаточно высоких затратах не превысили 2,81–3,03 и практически не зависели от способа обработки.

Что касается способа обработки, то для горчицы и тритикале наиболее эффективной оказалась безотвальная вспашка, для многолетних трав – поверхностная обработка, для озимой пшеницы и суданки – нулевая. Отвальная вспашка оказалась лучшей лишь для гороха, однако показатель энергоэффективности был при этом наименьшим.

В севообороте II наибольшее количество энергии было накоплено в урожае злаков, в первую очередь озимых. По вполне понятным причинам выделилась озимая пшеница по пару – 77556–83929 Мдж/га, а также озимая рожь, показатели которой вдвое ниже (32556–38071 Мдж/га), что объяснимо меньшей урожайностью и большими затратами совокупной энергии. Энергоэффективность культур составила 19,12 и 8,03 (табл. 3).

Яровые зерновые злаки, сорго и ячмень занимали промежуточное положение, имея показатели энергетической эффективности на уровне 7,48–8,92 и 4,34–6,12 МДж/га соответственно. Показатели незлаковых культур севооборота II – нута и подсолнечника, были существенно ниже: у нута – аналогичны показателям гороха, составляя 2,31–2,95, а у подсолнечника отмечены мини-

3. Биоэнергетическая оценка выращивания культур зернопаропропашного севооборота, 2012–2013 гг.

Культура	Способ обработки	Урожайность, ц/га			Затраты совокупной энергии, МДж/га	Энергия, накопленная в урожае, МДж/га	Энергетическая эффективность Е
		2012 г.	2013 г.	средняя			
Озимая пшеница по пару	О	36,5	54,1	45,3	4391	80951	18,43
	Б	37,7	56,2	47,0	4391	83989	19,12
	П	36,8	50,0	43,4	4391	77556	17,66
	Н	37,0	55,5	46,2	4391	82559	18,90
	НСР ₀₅	1,14	5,26	—	—	—	—
Нут	О	11,7	7,2	9,4	5962	17625	2,95
	Б	10,5	6,6	8,6	5956	16125	2,70
	П	8,6	4,5	6,6	5357	12375	2,31
	Н	8,1	7,1	7,6	4933	14250	2,878
	НСР ₀₅	1,16	0,71	—	—	—	—
Озимая рожь	О	11,0	25,0	19,0	4737	32022	6,75
	Б	14,3	28,6	21,4	4737	38071	8,03
	П	12,4	24,2	18,3	4737	32556	6,87
	Н	11,5	28,0	19,8	4737	35224	7,43
	НСР ₀₅	1,11	2,97	—	—	—	—
Ячмень	О	18,8	10,8	14,8	5993	26018	4,34
	Б	23,5	11,1	17,9	5987	31468	5,25
	П	20,8	7,8	14,3	5388	25139	4,66
	Н	20,6	14,0	17,3	4964	30413	6,12
	НСР ₀₅	1,23	1,29	—	—	—	—
Сорго	О	15,2	36,6	25,9	5783	45351	7,84
	Б	18,7	36,8	27,8	5777	48679	8,92
	П	13,3	30,1	21,7	5178	37997	7,48
	Н	12,8	28,2	20,5	4754	35895	7,55
	НСР ₀₅	0,99	2,30	—	—	—	—
Подсолнечник	О	2,1	6,6	4,4	6696	7841	1,17
	Б	3,8	6,3	5,1	6690	9088	1,35
	П	2,3	5,1	3,7	9091	6593	1,08
	Н	2,5	3,2	2,9	5667	5168	0,91
	НСР ₀₅	0,16	1,43	—	—	—	—
Пар		—	—	—	4413	—	—
		—	—	—	4413	—	—
		—	—	—	4413	—	—
		—	—	—	4413	—	—

4. Биоэнергетическая эффективность севооборотов, 2012–2013 гг.

Способ основной обработки почвы	Затраты совокупной энергии, Мдж/га	Энергия, накопленная в урожае, Мдж/га	Энергетическая эффективность, Е
Севооборот I – зернотравяной			
Отвальная	39760	551227	13,86
Безотвальная	38392	512148	13,33
Поверхностная	36708	500174	13,62
Нулевая	35623	520467	14,61
Севооборот II – зернопаропропашной			
Отвальная	37975	209808	5,52
Безотвальная	37951	227420	5,99
Поверхностная	35555	192216	5,40
Нулевая	33859	203509	6,01

мальные значения накопления энергии среди всех культур обоих севооборотов – 5168–9088 МДж/га. При нулевой обработке затраты энергии превысили энергию урожая и показатель энергетической эффективности составил лишь 0,91.

Для большинства культур севооборота II (озимых пшеницы и ржи, сорго и ячменя) наилучшим способом обработки стала безотвальная вспашка, а также нулевая – для ячменя и нута. Наименьший эффект дала поверхностная обработка, что отмечено на озимой пшенице, нуте, ячмене и сорго.

Сравнение биоэнергетической эффективности севооборотов показало её достаточно высокий уровень (5,4–14,61), т.е. затраты совокупной энергии пятикратно и более покрывались энергией урожая. Тем не менее очевидно значительное кратное преимущество зернотравяного севооборота (табл. 4).

При практически одинаковых совокупных затратах энергии (+ 3% в севообороте I) 2,5-кратное преимущество зернотравяного севооборота обусловлено более высоким насыщением адаптивными к условиям сухой степи урожайными культурами, в первую очередь суданской травой, многолетними травами, горчицей, обеспечившими к тому же наибольший урожай при меньших затратах при нулевой обработке. Наличие в составе севооборота II парового поля сыграло положительную роль, повысив урожайность озимой пшеницы в 2,24 раза, однако на последующих культурах это практически не ощущалось, а подсолнечник показал свою неэффективность в условиях сухой степи. По совокупности отмеченных причин зернопаропропашной севооборот продемонстри-

ровал значительно меньшую биоэнергетическую эффективность, чем зернотравяной. Наилучшим способом основной обработки почвы для большинства культур (озимые пшеница, рожь, сорго, подсолнечник) в отношении биоэнергетической эффективности оказалась безотвальная вспашка.

Выводы. Энергетическая эффективность изучавшихся культур по мере снижения затрат совокупной энергии увеличивается. Самые высокие её показатели наблюдались в зернотравяном севообороте у большинства культур при нулевой обработке, в зернопаропропашном севообороте – при безотвальной вспашке. В условиях сухой степи преимущество по биоэнергетической эффективности имеет зернотравяной севооборот, насыщенный адаптивными высокопродуктивными культурами.

Эффективность озимой пшеницы по пару – наибольшая среди озимых культур; в звене непаровой бобовый предшественник – озимые при всех способах обработки преимущество имеет озимая рожь. При этом отмечена невысокая энергетическая эффективность однолетних бобовых культур, а также неэффективность использования подсолнечника.

Литература

1. Удалов А.В., Авдеенко А.П., Струк А.М. и др. Основы биоэнергетической оценки производства продукции растениеводства: учеб. пособие / П. Персиановский: ФГОУ ВПО «Донской ГАУ», 2008. 103 с.
2. Агроклиматические ресурсы Ростовской области. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 250 с.
3. Полуэктов Е.В., Цвылев Е.М. Почвенно-земельные ресурсы Ростовской области: монография. Новочеркасск: УПЦ «НАБЛА» ЮРГТУ (НПИ), 2008. 355 с.
4. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: ВНИИ кормов им.В.Р. Вильямса, 1983. 198 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 4-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.