

Биолого-экологические особенности возделывания рапса в условиях Сунтарского агроландшафта

Н.А. Слепцова

Якутская государственная сельскохозяйственная академия, г. Якутск
dona_1964@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены вопросы выращивания ярового рапса для стабилизации кормовой базы животноводства Республики Саха (Якутия). Проведены экспериментальные исследования по влиянию оптимальных доз минеральных удобрений на рост, развитие и повышение урожайности зеленой массы рапса на мерзлотных почвах Сунтарского агроландшафта Западной Якутии. С учетом природно-климатических условий и биологической продуктивности Сунтарского агроландшафта установлены оптимальные дозы удобрений для получения максимальной урожайности зеленой массы рапса (при $N_{135}P_{120}K_{120}$ до 248,3 ц/га). Доказано, что в фазу цветения суточный прирост в высоту растений рапса составил 2,2–2,7 см независимо от различных уровней минерального питания. В последующие фазы развития увеличение линейного роста растений рапса было стабильным и составило в среднем 4,2–4,7 см. При внесении $N_{180}P_{120}K_{120}$ отмечена наибольшая высота растений рапса до 95 см. Повышенный уровень питания ($N_{180}P_{120}K_{120}$) усиливает прибавку урожая растений рапса за сутки в последние фазы развития растений (цветение–стручкование). При этом суточный прирост зеленой массы рапса в период цветения–стручкование составил в среднем 54 г/м². При внесении $N_{135}P_{120}K_{120}$ на посевах рапса максимальную прибавку зеленой массы обеспечивает 1 кг азота (до 97,7 ц/га), фосфора (до 76 ц/га) и калия (до 70,3 ц/га). Полученные результаты по оптимальным дозам удобрений в Сунтарском агроландшафте рекомендованы для широкого внедрения в полевом кормопроизводстве по выращиванию зеленой массы ярового рапса в Центральной Якутии.

Ключевые слова: яровой рапс, линейный рост, урожайность, минеральные удобрения, агроландшафт.

Biological and Ecological Characteristics of Rape Cultivation under Conditions of Suntar Agrolandscape

N.A. Sleptsova

Department of Agronomy, Yakut State Academy of Agriculture, Yakutsk
dona_1964@mail.ru

Abstract. The article describes the questions of spring rape production for stabilization of forage base for cattle breeding in the Republic of Sakha (Yakutia). The effect of mineral fertilizers on rape growth, development and green mass gain has been studied experimentally on frozen soils of Suntar agrolandscape in Western Yakutia. With taking into account natural and climatic conditions and biological productivity of the Suntar agrolandscape, the optimal rate of mineral fertilizers was estimated to gain a maximal rape green mass production (up to 248.3 centner/ha at $N_{135}P_{120}K_{120}$). The daily apical growth during flowering stage was proved to make up 2.2–2.7 cm regardless different rates of mineral nutrition. The following developmental stages showed stable linear increment up to 4.2–4.7 cm. Applying $N_{180}P_{120}K_{120}$ resulted in maximal plant height up to 95 cm. Higher nutrition rates ($N_{180}P_{120}K_{120}$) increased daily yield during the last developmental stages (flowering-pod formation). At that, daily green mass gain during the flowering-pod formation stages made up 54 g/m² in average. Having applied $N_{135}P_{120}K_{120}$ to rape plantings, the maximal green mass gain was provided by 1 kg of nitrogen (up to 97.7 c/ha), phosphorus (up to 76 c/ha), and potassium (up to 70.3 c/ha). Specified optimal rates of fertilizers in Suntar agrolandscape are recommended for large-scale implementation in field forage production of spring rape green mass in Central Yakutia.

Key words: spring rape, linear growth, productivity, mineral fertilizers, agrolandscape.

Введение

Ценной биологической особенностью ярового рапса являются аминокислотный состав белка, повышенная урожайность зеленой массы, хорошая переваримость и его способность интенсивно отрастать после скашивания или скармливания. Рапс содержит незаменимых аминокислот больше, чем горох: в 1 кг рапса содержится около 0,16 корм. ед. и 30 г протеина, что вдвое больше, чем в белке подсолнечника и кукурузы. Высокопитательная зеленая масса рапса широко применяется для получения зеленого корма, силоса, сенажа и как пожнивная, поукосная культура.

В условиях Центральной Якутии на 1 корм. ед. приходится 70–80 г переваримого белка при зоотехнической норме 105–110 г, что приводит к перерасходу кормов, удорожанию производимой продукции и снижению воспроизводства животных [1]. Рапс яровой является перспективной кормовой культурой с высокой питательностью зеленой массы. Поэтому недостаток протеина может быть компенсирован посевами высокобелковых кормовых культур, таких как яровой рапс.

До сих пор не изучены биолого-экологические особенности возделывания рапса при минеральном режиме питания с учетом биологической продуктивности Сунтарского агроландшафта.

Целью наших исследований является изучение влияния минерального режима питания на рост, развитие, урожайность и продуктивность ярового рапса в условиях Сунтарского агроландшафта.

Материалы и методика

Рапс яровой (*Brassica napus* L.) – сорт Восточно-сибирский, холодостойкое растение длинного дня. Семена рапса начинают прорастать при температуре 3–4 °С, всходы переносят заморозки до –5 °С, взрослые растения выдерживают температуру до –8 °С, могут вегетировать при 2–3 °С. По данным [2], яровой рапс сорт Восточно-сибирский при раннем сроке сева (29 мая) наращивал за лето в сумме двух укосов 515,6 ц с 1 га, урожай отавы составлял 63,3 % от суммарного урожая. В благоприятных условиях Якутии он дает два укоса.

Биологическая продуктивность Сунтарского агроландшафтного района по данным Ивановой Л.С. [1, 3], установленная по периоду активной вегетации растений с учетом выпадающих осадков, пониженная (80 баллов). Важным фактором при выращивании сельскохозяйственных культур является влагообеспеченность. В условиях Сунтарского агроландшафтного района годовое количество осадков с введением поправок к показателям осадкомера здесь составляет 317 мм, в

период активной вегетации растений достигает 135 мм. В пространственном распределении осадков внутри агроландшафтного района выделяются две части: западная часть, где выпадает 310–378 мм (в Виллюйске, Сангаре), и восточная часть, где количество составляет 326 мм (Батамай). Увлажнение территории зависит не только от количества выпадающих осадков, но и от испаряемости. Коэффициент увлажнения для террасированной равнины Сунтарского агроландшафта равен 0,19–0,23, т.е. климат характеризуется как засушливый. В условиях Сунтарского агроландшафтного района в период активной вегетации культур запасы влаги в пахотном слое в период всходов растений можно считать достаточными (29–36 мм). В течение лета почва постепенно иссушается и к концу июля – началу августа в слое 0–20 см влага составляет лишь 11–12 мм. В корнеобитаемом слое почвы (0–50 см) условия увлажнения почвы ухудшаются до начала второй декады сентября. Перед установлением снежного покрова продуктивная влага почвы (0–50 см) обычно составляет 19–21 мм.

Климат террасированной равнины Сунтарского агроландшафта континентальный [4]. Абсолютная минимальная температура воздуха в среднем –61...–64 °С, максимальная – 35–38 °С. Продолжительность безморозного периода в воздухе составляет 56–85 дней. Сумма средне-суточных температур выше 10 °С в среднем достигает 1376 °С, что достаточно для выращивания зерновых, картофеля. В теплый период на рост и развитие растений отрицательно влияют низкие ночные температуры и заморозки. Интенсивность низких ночных температур зависит от мезоформ рельефа и изменение интенсивности заморозка в зависимости от местоположения составляет от 0 до –6 °С. В террасированной аллювиальной равнине в период посева и всходов основных культур (I декада июня) наблюдаются 3 случая заморозка на поверхности почвы за 10 лет с интенсивностью –4...–5 °С, которые могут повредить всходы сельскохозяйственных культур, особенно эти условия опасны для рапса. Сроки наступления мягкопластичного состояния почвы отмечаются в зависимости от местоположения пашен от 13 до 18 мая.

Преобладающие почвы на увалах первой и второй надпойменных террас Сунтарского агроландшафта представлены мерзлотными лугово-черноземными, черноземно-луговыми и черноземами почвами. Они имеют слабощелочную реакцию среды, высокий валовый запас азота, фосфора и калия, но подвижных форм азота и фосфора недостаточно для растений. Растения испытывают недостаток влаги, особенно в засушливые годы.

Таким образом, террасированная равнина Сунтарского агроландшафта по термическим условиям – умеренно-теплая, по увлажненности – засушливая, по обеспеченности растений подвижными формами основных питательных элементов по мезоформам рельефа – разная. Растения в первую очередь испытывают недостаток азотных и фосфорных удобрений, особенно в первой половине лета.

В условиях Сунтарского агроландшафта проведен полевой опыт по влиянию различных доз минеральных удобрений на рост, развитие урожайности зеленой массы рапса с учетом влагообеспеченности вегетационных периодов. Площадь опытных делянок составила 100 м², учетная – 50 м², защитные полосы между делянками – 2 м. Повторность – четырехкратная. Из минеральных удобрений использовали мочевины (карбамид), двойной суперфосфат (46,8 % д.в.) и хлористый калий (60 % д.в.). Схема опыта и дозы минеральных удобрений представлена в таблицах. Полив осуществлялся поливной установкой ДДН-70. Влажность почвы в течение вегетации поддерживалась в пределах 70 % Н.В. Поливная норма 400 м³/га. Обработка почвы проведена по рекомендации ЯНИИСХ для полевых кормовых культур [3].

Исследования в Сунтарском агроландшафте проводились на мерзлотно-таежной палеовой переходной почве. Опытный участок в слое почвы 0–20 см содержал гумуса – 4,0 %, нитратного азота – 79,4 мг/кг, подвижного фосфора – 105,6, калия – 124,8 мг на 1 кг почвы. Реакция почвен-

ной среды близка к нейтральной и является оптимальной для выращивания рапса и овса.

Наблюдения и учеты проведены по общепринятой методике ВНИИ кормов [5–6]. Метеорологические условия в Сунтарском агроландшафтном районе (1988–1990 гг.) в разные годы проведения исследований имели значительные отличия между собой. Вегетационный период 1988 г. был благоприятным для развития и формирования урожая большинства сельскохозяйственных культур. Отличительными особенностями вегетационного периода 1989 г. были недостаток влаги в июле, короткий безморозный период, сильные суточные колебания температур воздуха и почвы с частыми слабыми заморозками. Характерной особенностью 1990 г. были засуха и частые суховейные явления. Таким образом, за период исследований самым неблагоприятным годом для формирования роста и развития урожайности рапса является 1990 г.

Результаты исследований

Полевые исследования в условиях Сунтарского агроландшафта установили, что рост и развитие растений рапса во многом зависят от минерального режима питания и вегетационных периодов. Наблюдения за линейным ростом и фазами развития рапса показали, что в первые фазы развития рапс растет медленно (табл. 1). В фазу цветения суточный прирост в высоту составил 2,2–2,7 см независимо от различных доз минерального питания. В последующие фазы

Таблица 1

Прирост зеленой массы и линейный рост растений рапса в Сунтарском агроландшафте за 1988–1990 гг.

Удобрение	Год	Стебление розетки		Цветение		Стручкование		Прирост зеленой массы в период, г/м ²		Суточный прирост зеленой массы в период, г/м ²	
		зеленая масса, г/м ²	высота, см	зеленая масса, г/м ²	высота, см	зеленая масса, г/м ²	высота, см	стебление розетки – цветение	цветение – стручкование	стебление розетки – цветение	цветение – стручкование
Контроль – без удобрений	1988	511	21	1431	41	2025	89	920	594	102	54
	1989	104	18	653	39	1242	84	549	589	61	54
	1990	183	18	742	37	1332	85	559	590	62	54
Среднее		266	19	942	39	1533	86	676	591	75	54
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1988	711	20	1536	41	2506	92	825	970	91	88,1
	1989	447	16	1238	38	2144	90	791	906	88	82
	1990	200	18	795	38	1727	91	595	932	66	85
Среднее		453	18	1190	39	2126	91	737	936	82	85
N ₁₃₅ P ₆₀ K ₆₀	1988	560	20	1568	48	2186	89	1008	618	112	56
	1989	820	18	1824	43	2469	88	1004	645	111	59
	1990	360	19	1360	44	1960	87	1000	600	111	54
Среднее		580	19	1584	45	2205	88	1004	621	111	56
N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1988	942	26	1562	51	2436	96	620	874	68,8	79,4
	1989	788	24	1403	48	2293	95	615	890	68,3	80,9
	1990	824	22	1440	48	2292	94	616	852	68,4	77,4
Среднее		851	24	1468	49	2340	95	617	872	68	79

Примечание. Средний период стебление розетки – цветение – 9 дней, цветение – стручкование – 11 дней.

БИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ РАПСА

развития увеличение линейного роста было стабильным и составило в среднем 4,2–4,7 см.

В среднем за годы исследований наибольшая высота растений ярового рапса отмечена при внесении $N_{180}P_{120}K_{120}$ до 95 см. Установлено, что накопление зеленой массы рапса в разные фазы развития происходило неравномерно. В зависимости от величины вносимых удобрений и погодных условий в период стеблевания розетки – стручкование рапс формирует урожай от 63 до 82 %. При среднем уровне минерального питания накопление зеленой массы рапса происходит более равномерно во все периоды развития, начиная с фазы стеблевания до розетки.

Следует отметить, что повышенный уровень питания ($N_{180}P_{120}K_{120}$) усиливает прибавку урожая за сутки в поздние фазы развития растений (цветение–стручкование). При этом суточный прирост зеленой массы рапса в период цветение–стручкование составил в среднем 54 г/м².

Результаты исследований по оптимизации минерального питания рапса приведены в табл. 2. Урожайность рапса значительно варьировала в зависимости от режима минерального питания и тепловлагообеспеченности вегетационного периода. В среднем за годы исследований максимальная урожайность зеленой массы рапса получена при среднем уровне минерального питания $N_{135}P_{120}K_{120}$ – 248,3 ц/га. При этом прибавка урожая составила 95,1 ц/га зеленой массы или 62 %. В оптимальных условиях 1988 г. рапс обеспечил наибольший урожай зеленой массы (228,5 ц/га) при внесении средних доз минеральных удобрений.

Установлено, что рапс положительно реагировал на фосфорные удобрения. При этом 1 кг д.в. фосфора обеспечил гораздо больший урожай, чем азот и калий. Внесение 1 кг д.в. минеральных удобрений способствовало накоплению фосфора – 76 кг, азота – 46 кг и калия – 12 кг зеленой массы рапса. В условиях 1988 г. большой разницы в урожаях между вариантами не наблюдалось, что обычно происходило в годы с благоприятными погодными условиями.

В 1989 г. сильные суточные перепады температур на поверхности почвы и заморозки до середины июля (5, 11, 27 июня, 9 августа) отрицательно повлияли на всходы мелкосеменных культур, в том числе на рапс. В результате урожайность рапса была несколько ниже, чем обычно. Тем не менее, действие разных доз минеральных удобрений на урожайность рапса четко прослеживается. При средних дозах удобрений 1 кг д.в. азота способствует повышению урожая зеленой массы на 97,7 кг, фосфора – 70,7 кг, калия – 91,8 кг. Повышение дозы калия до 120 кг д.в. на фоне $N_{135}P_{120}$ обеспечивает максимальную урожайность зеленой массы рапса (262,0 ц/га).

При этом каждый 1 кг д.в. калия увеличивает урожайность зеленой массы на 70,3 кг. Увеличение дозы азота выше 135 кг д.в. на 1 га не способствует прибавке урожая зеленой массы рапса, что доказано статистической достоверностью. Из двойных сочетаний минеральных удобрений в прохладном вегетационном периоде предпочтительнее внесение $N_{90}K_{60}$, обеспечивающее урожайность зеленой массы до 172,0 ц/га.

Для формирования урожайности рапса самым

Т а б л и ц а 2

Урожайность зеленой массы рапса в Сунтарском агроландшафтном районе (1988–1990 гг.), ц/га

Удобрение	1988 г.		1989 г.		1999 г.		Средняя урожайность рапса	Прибавка урожая, кг/га
	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка	урожайность	прибавка		
Контроль – без удобрений	202,5	-	124,1	-	133,2	-	153,2	-
$P_{60}K_{60}$	209,2	6,7	131,7	7,6	142,1	8,9	161,0	7,8
$N_{90}K_{60}$	204,9	42,4	172,0	47,9	174,4	41,2	183,7	30,5
$N_{90}P_{60}$	243,2	40,7	159,3	35,2	163,1	29,9	188,5	35,3
$N_{90}P_{60}K_{60}$	250,6	48,1	214,4	90,3	172,7	39,5	212,5	59,3
$N_{90}P_{90}K_{60}$	235,6	33,1	230,3	106,2	197,8	64,6	221,2	68,0
$N_{135}P_{60}K_{60}$	218,6	16,1	246,9	122,8	196,0	62,8	220,5	67,3
$N_{180}P_{60}K_{60}$	237,2	34,7	227,8	103,7	218,9	85,7	227,9	74,7
$N_{135}P_{60}K_{120}$	198,5	29,9	218,7	94,6	210,1	76,9	227,0	67,2
$N_{135}P_{90}K_{120}$	211,0	28,5	235,0	110,9	215,0	81,8	227,0	73,8
$N_{135}P_{120}K_{60}$	182,5	30,0	219,8	95,7	216,2	83,0	222,8	69,6
$N_{135}P_{120}K_{120}$	230,0	27,5	262,0	137,9	252,9	111,9	248,3	95,1
$N_{180}P_{120}K_{120}$	243,6	41,1	229,3	105,2	229,2	96,0	234,0	80,8
$HCPO_5$	24,6		26,2		22,4		24,4	

Питательная ценность зеленой массы рапса в зависимости от различных доз и сочетаний минеральных удобрений в условиях Сунтарского агроландшафта (среднее за 1988–1990 гг.)

Удобрение	В 1 кг сухого вещества			Обеспеченность 1 корм. ед. переваримым протеином, г
	кормовых единиц	переваримого протеина, г	обменной энергии, МДж	
Яровой рапс				
Контроль – без удобрений	0,69	138	9,3	200,0
P ₆₀ K ₆₀	0,69	122	9,3	176,8
N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,70	147	9,4	210,0
N ₁₃₅ P ₉₀ K ₁₂₀	0,72	162	9,5	225,0
N ₁₃₅ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,65	139	9,1	213,8
N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	0,70	162	9,4	231,4

неблагоприятным годом оказался 1990 г. Засуха, частые суховейные явления с относительной влажностью 14–18 % отрицательно сказались на росте и развитии растений рапса. Урожайность зеленой массы рапса в контроле без удобрения составила лишь 133,2 ц/га. При этом внесение средних норм двойных сочетаний минеральных удобрений повысило урожайность зеленой массы в пределах существенной наименьшей разницы. Достоверные прибавки урожая обеспечили повышенные дозы минеральных удобрений. Так, максимальная урожайность в условиях 1999 г. получена при внесении N₁₃₅P₁₂₀K₁₂₀ – (252,9 ц/га). При этом 1 кг д.в. калия обеспечил прибавку урожая на 61 кг.

Таким образом, что в условиях Сунтарского агроландшафта 1 кг д.в. основных элементов питания наиболее эффективен в годы с прохладным вегетационным периодом. При благоприятных условиях вегетационного периода эффективность азота усиливается, при дефиците влаги возрастает эффективность калия на фоне N₁₃₅P₁₂₀.

Как видно из табл. 3, питательная ценность зеленой массы рапса зависела от условий возделывания и биологических особенностей растений. Так, по мере увеличения доз азотного питания (135–180 кг д.в.) обеспеченность 1 корм. ед. переваримым протеином возрастает от 210 до 231 г, что превышает зоотехническую норму в 2 и 2,2 раза. Продуктивность зеленой массы рапса при минеральном режиме повышенная и составила по сбору обменной энергии от 9,0 до 9,4 МДж, по содержанию кормовых единиц от 69 до 0,72 и переваримого протеина от 138 до 162 г в 1 кг сухого вещества.

По данным [5], зеленые корма хорошего качества в 1 кг сухого вещества содержат 9,0–10,0 МДж обменной энергии, посредственные 8,0–9,0, низкого качества – менее 8,0. Питательная ценность зеленой массы ярового рапса имела хорошие качества и могла обеспечить потребность животных с продуктивностью 2500–3000 л молока.

Заключение

В условиях Сунтарского агроландшафта в среднем за годы исследований максимальная урожайность зеленой массы ярового рапса получена при среднем уровне минерального питания N₁₃₅P₁₂₀ K₁₂₀ – 248,3 ц/га, с прибавкой урожая до 95,1 ц/га зеленой массы или 62 %. При этом следует отметить, что эффективность азота усиливается при благоприятных условиях вегетационного периода и при дефиците влаги возрастает эффективность калия на фоне N₁₃₅P₁₂₀. Исследованиями установлено, что накопление зеленой массы рапса в разные фазы развития происходило неравномерно. В зависимости от величины вносимых удобрений и погодных условий в период стеблевание розетки – стручкование яровой рапс формирует урожай от 63 до 82 %. Доказано, что повышенный уровень питания (N₁₈₀P₁₂₀K₁₂₀) усиливает прибавку урожая за сутки в поздние фазы развития растений (цветение–стручкование). При этом суточный прирост зеленой массы рапса в период цветения–стручкование составил в среднем 54 г/м².

Литература

1. *Иванова Л.С.* Адаптивно-ландшафтные системы земледелия Лено-Амгинского междуречья. Новосибирск, 2004. 131 с.
2. *Федоров И.А.* Биологические особенности рапса в Якутии // Ботаника, физиология и биохимия растений, кормопроизводство. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1986. Вып. 2. С. 161–162.
3. *Иванова Л.С.* Полевое кормопроизводство в системе адаптивно-агроландшафтного земледелия // Кормопроизводство. 2003. № 3. С. 16–19.
4. *Шашко Д.И.* Климатические условия земледелия Центральной Якутии. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 264 с.
5. *Григорьев Н.Г.* Оценка питательности кормов по обменной энергии // Резервы кормопроизводства. М., 1987. С. 109–128.
6. *Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами.* М., 1983. 145 с.

Поступила в редакцию 31.10.2016