

УДК 631.82:634.734/.737

Ж. А. РУПАСОВА, В. А. ИГНАТЕНКО, Р. Н. РУДАКОВСКАЯ, Н. П. ВАРАВИНА,
Т. И. ВАСИЛЕВСКАЯ, Н. Н. РУБАН, А. П. ЯКОВЛЕВ

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОДКОРМОК НА ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПЛОДОВ ГОЛУБИКИ ВЫСОКОРОСЛОЙ В УСЛОВИЯХ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ

Центральный ботанический сад НАН Беларуси

(Поступила в редакцию 20.08.2005)

Введение. В связи с введением в культуру в Белорусском Полесье североамериканского вида голубики высокорослой (*Vaccinium corymbosum* L.) представляется особо актуальной проблема оптимизации режима ее минерального питания на основе внесения удобрений. Вместе с тем до настоящего времени остается недостаточно изученной степень влияния последних на элементный состав плодов данного интродуцента. В этой связи в 2001–2004 гг. в Малоритском районе Брестской области были выполнены подобные исследования в опытной культуре на примере трех модельных сортов голубики высокорослой разных сроков созревания: Дюк (из раннеспелых), Блюкроп (из среднеспелых) и Нельсон (из позднеспелых).

Материалы и методы исследования. Опыты проводили в долгосрочном полевом эксперименте с 8-вариантной схемой внесения N_{60} , P_{60} , K_{60} (кг/га д.в.) при густоте посадки опытных растений $2,5 \times 2,0$ м на органо-минеральной смеси из верхового торфа и среднекультуренной дерново-подзолистой песчаной почвы (1:1). Минеральные удобрения: суперфосфат двойной и сульфат калия – вносили однократно в начале вегетации (в апреле), сернокислый аммоний – в 3 приема: 50% – в апреле, 30% – в мае и 20% – в июне. Способ внесения удобрений – поверхностный вразброс, с последующей заделкой на глубину 3–4 см и поливом. По достижении плодами голубики во второй половине июля состояния съемной зрелости в их усредненных, высушенных при $T = 65$ °С пробах определяли содержание N, P и K по методу К. П. Фоменко и Н. Н. Нестерова [12], Ca, Mg, Fe, Mn, Zn и Cu – после мокрого озоления по Г.Я. Ринькису [8] – атомно-эмиссионным методом на спектрометре «Плазма-100» (США). Все определения выполнены в 3-кратной биологической повторности и обработаны статистически с использованием указаний Г. Ф. Лакина [7]. При этом средняя квадратичная ошибка среднего не превышала 1,5–2,0%.

Результаты и их обсуждение. Для установления величины интегрального эффекта от внесения минеральных удобрений на показатели накопления в плодах макро- и микроэлементов на конкретном агрофоне в многолетнем цикле наблюдений были установлены средние их значения (за 4 года для первых и за 3 года для вторых) во всех удобрявшихся вариантах опыта и оценена степень различий полученных показателей с контролем по *t*-критерию Стьюдента при 95%-ном уровне доверительной вероятности (табл. 1).

Несмотря на широту диапазонов изменчивости содержания химических элементов в плодах голубики высокорослой при разном уровне агрохимического обеспечения растений, они охватывали область значений, соответствующих результатам исследований югославских ученых [17]. Следует заметить, что в известной нам литературе в основном встречается информация об элементном составе листьев голубики высокорослой, тогда как о плодах ее чрезвычайно мало. Вместе с тем приведенные нами данные оказались вполне сопоставимы с полученными о плодах дикорастущего аборигенного вида голубики топяной как в естественных местообитаниях [2, 10], так и в условиях культуры [13]. Сравнение же

Т а б л и ц а 1. Средние в многолетнем цикле наблюдений показатели макро- (в %) и микро-элементного (в мг/кг) состава плодов голубики высокорослой в вариантах полевого опыта

Вариант опыта	N		P		K		Ca		Mg		Сумма макроэлементов	
	$M\pm m$	t_{Cr}	$M\pm m$	t_{Cr}	$M\pm m$	t_{Cr}	$M\pm m$	t_{Cr}	$M\pm m$	t_{Cr}	$M\pm m$	t_{Cr}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Сорт Дюк</i>												
1. Контроль	0,92±0,18		0,20±0,05		0,43±0,08		0,13±0,01		0,04±0,003		1,71±0,23	
2. N ₆₀	1,41±0,35	1,25	0,23±0,08	0,28	0,38±0,06	-0,42	0,10±0,01	-2,42*	0,04±0,01	-0,26	2,16±0,42	0,94
3. P ₆₀	1,42±0,42	1,11	0,25±0,08	0,56	0,48±0,11	0,43	0,09±0,01	-3,46*	0,03±0,003	-1,73	2,28±0,52	1,00
4. K ₆₀	0,83±0,17	-0,35	0,20±0,08	0,03	0,61±0,09	1,48	0,10±0,02	-1,61	0,03±0,003	-1,73	1,77±0,32	0,15
5. N ₆₀ P ₆₀	1,02±0,21	0,37	0,21±0,06	0,12	0,38±0,06	-0,46	0,09±0,02	-2,43*	0,03±0,003	-1,73	1,72±0,22	0,02
6. N ₆₀ K ₆₀	1,01±0,22	0,32	0,19±0,05	-0,14	0,61±0,05	1,85	0,09±0,03	-1,58	0,04±0,01	-0,65	1,92±0,24	0,63
7. P ₆₀ K ₆₀	0,93±0,17	0,07	0,22±0,07	0,26	0,58±0,06	1,51	0,09±0,02	-2,43*	0,03±0,004	-1,19	1,85±0,23	0,45
8. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,41±0,27	1,52	0,23±0,07	0,39	0,63±0,07	1,93	0,10±0,02	-1,31	0,04±0,003	0	2,42±0,37	1,62
<i>Сорт Блюкроп</i>												
1. Контроль	0,84±0,15		0,17±0,04		0,48±0,05		0,12±0,02		0,03±0,002		1,63±0,17	
2. N ₆₀	1,36±0,20	2,47*	0,19±0,05	0,42	0,39±0,04	-1,24	0,07±0,01	-2,43*	0,03±0,003	-1,00	2,03±0,23	1,43
3. P ₆₀	1,14±0,27	0,96	0,22±0,06	0,74	0,50±0,07	0,24	0,10±0,01	-0,91	0,03±0,002	0	1,98±0,33	0,94
4. K ₆₀	0,88±0,18	0,15	0,16±0,04	-0,09	0,60±0,05	1,75	0,09±0,01	-1,47	0,03±0,01	-0,77	1,74±0,21	0,43
5. N ₆₀ P ₆₀	1,39±0,17	2,42*	0,22±0,06	0,75	0,42±0,07	-0,60	0,08±0,02	-1,59	0,03±0,003	-0,40	2,13±0,21	1,85
6. N ₆₀ K ₆₀	1,18±0,22	1,25	0,18±0,05	0,29	0,55±0,04	1,16	0,08±0,01	-1,77	0,03±0,002	0	2,02±0,28	1,20
7. P ₆₀ K ₆₀	0,85±0,15	0,02	0,22±0,06	0,78	0,56±0,03	1,36	0,09±0,01	-1,23	0,04±0,003	1,19	1,75±0,21	0,45
8. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,25±0,18	1,74	0,22±0,06	0,83	0,60±0,06	1,60	0,08±0,01	-1,63	0,04±0,003	1,19	2,19±0,24	1,91
<i>Сорт Нельсон</i>												
1. Контроль	0,95±0,19		0,16±0,06		0,44±0,04		0,09±0,02		0,03±0,002		1,66±0,28	
2. N ₆₀	1,08±0,23	0,43	0,22±0,08	0,54	0,44±0,02	0,19	0,07±0,02	-0,85	0,03±0,003	-0,45	1,83±0,28	0,41
3. P ₆₀	1,02±0,20	0,26	0,21±0,08	0,45	0,46±0,04	0,48	0,07±0,01	-0,93	0,03±0,002	0	1,78±0,30	0,29
4. K ₆₀	0,91±0,20	-0,15	0,17±0,06	0,09	0,57±0,04	2,48*	0,09±0,02	0	0,03±0,002	0	1,76±0,28	0,25
5. N ₆₀ P ₆₀	1,23±0,27	0,86	0,21±0,08	0,49	0,44±0,06	0,04	0,06±0,02	-1,11	0,03±0,002	0	1,97±0,37	0,66
6. N ₆₀ K ₆₀	1,11±0,24	0,52	0,14±0,04	-0,35	0,53±0,03	2,44*	0,06±0,02	-0,61	0,03±0,01	-0,36	1,86±0,27	0,52
7. P ₆₀ K ₆₀	0,88±0,17	-0,26	0,21±0,07	0,49	0,54±0,04	1,88	0,08±0,03	-0,39	0,03±0,003	-0,45	1,73±0,22	0,18
8. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,39±0,26	1,39	0,21±0,08	0,50	0,55±0,03	2,47*	0,09±0,03	-0,08	0,03±0,001	0,40	2,27±0,32	1,43
<i>Сорт Дюк</i>												
<i>Сорт Блюкроп</i>												
<i>Сорт Нельсон</i>												

Вариант опыта	Fe		Mn		Zn		Cu		Сумма микроэлементов	
	$M\pm m$	t_{Cr}	$M\pm m$	t_{Cr}	$M\pm m$	t_{Cr}	$M\pm m$	t_{Cr}	$M\pm m$	t_{Cr}
1	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<i>Сорт Дюк</i>										
1. Контроль	42,1±8,6		34,7±13,4		4,9±2,0		4,3±1,8		85,9±8,3	
2. N ₆₀	47,2±9,6	0,40	34,0±15,1	-0,03	3,5±1,2	-0,59	1,5±0,7	-1,42	86,2±8,5	0,02
3. P ₆₀	38,3±6,6	-0,35	21,9±5,9	-0,87	3,8±1,7	-0,41	1,7±0,6	-1,36	65,6±7,9	-1,78
4. K ₆₀	39,3±7,3	-0,25	22,6±5,8	-0,83	3,6±0,8	-0,57	1,7±0,8	-1,29	67,2±10,6	-1,39
5. N ₆₀ P ₆₀	42,2±11,6	0,01	15,4±4,1	-1,38	3,8±1,3	-0,45	1,4±0,8	-1,42	62,8±7,1	-2,42*
6. N ₆₀ K ₆₀	67,0±17,3	1,29	25,4±9,4	-0,57	5,2±2,7	0,10	2,3±0,7	-1,02	99,9±25,6	0,52
7. P ₆₀ K ₆₀	47,9±11,4	0,41	24,6±6,7	-0,67	2,3±0,4	-1,22	1,6±0,8	-1,35	76,4±6,5	-0,91
8. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	35,8±11,3	-0,45	22,3±7,2	-0,81	6,6±2,4	0,56	3,7±1,5	-0,24	68,5±2,4	-2,45*
<i>Сорт Блюкроп</i>										
1. Контроль	24,5±4,2		21,9±7,4		4,6±2,1		2,7±0,7		53,7±6,8	
2. N ₆₀	39,8±10,8	1,31	18,7±6,3	-0,33	3,0±1,6	-0,59	2,7±1,1	0	64,2±11,3	0,80
3. P ₆₀	44,6±15,1	1,28	30,6±11,4	0,64	3,4±2,2	-0,39	4,7±2,0	0,96	83,4±24,8	1,15
4. K ₆₀	35,6±13,0	0,81	21,6±11,0	-0,02	2,9±1,7	-0,62	1,5±0,8	-1,08	61,6±7,6	0,78
5. N ₆₀ P ₆₀	38,4±13,4	0,99	22,7±3,7	0,10	4,7±1,6	0,05	0,8±0,5	-2,49*	66,7±13,8	0,84
6. N ₆₀ K ₆₀	20,2±6,7	-0,54	23,9±6,4	0,21	2,3±0,6	-1,03	1,2±0,7	-1,40	47,7±9,7	-0,50
7. P ₆₀ K ₆₀	28,1±6,9	0,45	25,7±8,2	0,34	2,6±1,2	-0,83	1,2±0,6	-1,56	57,6±11,2	0,30
8. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	73,1±28,3	1,70	27,1±6,1	0,54	3,0±1,0	-0,69	2,1±0,5	-0,66	105,3±23,2	2,43*
<i>Сорт Нельсон</i>										
1. Контроль	39,8±10,4		15,4±3,9		3,1±1,2		2,8±0,8		61,1±10,0	
2. N ₆₀	34,6±8,6	-0,39	26,1±14,6	0,71	3,2±1,3	0,06	1,7±1,2	-0,82	65,6±6,7	0,37
3. P ₆₀	30,2±9,6	-0,68	14,1±2,6	-0,28	2,1±0,7	-0,75	1,3±0,7	-1,49	47,7±8,4	-1,03
4. K ₆₀	32,5±14,7	-0,40	15,9±4,6	0,09	1,9±0,3	-0,96	1,3±0,6	-1,54	51,6±15,5	-0,51
5. N ₆₀ P ₆₀	31,3±12,1	-0,54	13,7±3,1	-0,34	3,2±1,6	0,07	3,8±2,4	0,38	52,0±7,9	-0,72
6. N ₆₀ K ₆₀	39,0±5,5	-0,07	14,3±3,6	-0,20	2,8±1,4	-0,14	3,5±1,3	0,46	59,7±11,3	-0,09
7. P ₆₀ K ₆₀	40,9±9,6	0,08	15,4±5,7	0	4,3±2,7	0,41	3,3±0,2	0,62	63,9±11,0	0,19
8. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	42,7±9,2	0,21	14,9±4,0	-0,08	2,4±1,3	-0,40	1,4±0,2	-1,73	61,4±13,6	0,02

* Статистически достоверные различия при $P < 0,05$.

элементного состава плодов сортовой голубики и другого интродуцента сем. *Ericaceae* клюквы крупноплодной в сходной постановке исследований выявило явные преимущества первого вида в накоплении N, P, Fe и Mn при отставании от второго в накоплении Ca, Mg, Zn и адекватном содержании K и Cu [9].

Несмотря на непосредственный характер влияния регулируемого экзогенного фактора на элементный состав плодов голубики и ожидаемый нами достаточно выраженный эффект от минеральных подкормок, было обнаружено весьма незначительное количество статистически достоверных различий с контролем по содержанию большинства питательных элементов, в том числе и вносимых в составе удобрений. Относительная стабильность элементного состава плодов голубики, на наш взгляд, обусловлена известной разобщенностью в растительном организме ксилемного (переносящего химические элементы почвы) и флоэмного (несущего ассимиляты) потоков [6]. По мнению В. Б. Ильина [3, 4], это дает возможность держать элементный состав его репродуктивной сферы под жестким генетическим контролем, позволяющим растительным индивидуумам наиболее точно передавать следующей генерации информацию о содержании и пропорциях элементов питания. Полученные нами результаты о сравнительно высокой стабильности элементного состава плодов голубики при варьировании минерального фона согласуются с результатами наших более ранних исследований с клюквой крупноплодной в сходной постановке эксперимента [9]. Они также соответствуют выводам ряда исследователей [1, 5, 11, 14–16] о том, что механизм генетической защиты генеративных органов хорошо работает даже при непривычно больших для растений концентрациях в среде химических элементов.

Наряду с этим определен «вклад» в отсутствие статистически значимых различий с контролем параметров накопления в плодах голубики большинства элементов в удобрявшихся вариантах опыта внесла и недостаточная продолжительность общего периода наблюдений, ограниченная всего 4 сезонами для макро- и 3 сезонами для микроэлементов. Значительный же уровень дисперсии рассматриваемых признаков, указывающий на высокую степень зависимости элементного состава плодов от метеороло-

Т а б л и ц а 2. Степень отклонений от контроля средних в 4-летнем цикле наблюдений показателей элементного состава плодов голубики высокорослой в вариантах полевого опыта, %

Вариант опыта	N	P	K	Ca	Mg	Сумма макро-элементов	Fe	Mn	Zn	Cu	Сумма микро-элементов
<i>Сорт Дюк</i>											
2. N ₆₀	+53,3	+15,0	-11,6	-23,1*	0	+26,3	+12,1	-2,0	-28,6	-65,1	+0,3
3. P ₆₀	+54,3	+25,0	+11,6	-30,8*	-25,0	+33,3	-9,0	-36,9	-22,4	-60,5	-23,6
4. K ₆₀	-9,8	0	+41,9	-23,1	-25,0	+3,5	-6,7	-34,9	-26,5	-60,5	-21,8
5. N ₆₀ P ₆₀	+10,9	+5,0	-11,6	-30,8*	-25,0	+0,6	+0,2	-55,6	-22,4	-67,4	-26,9*
6. N ₆₀ K ₆₀	+9,8	-5,0	+41,9	-30,8*	0	+12,3	+59,1	-26,8	+6,1	-46,5	+16,3
7. P ₆₀ K ₆₀	+1,1	+10,0	+34,9	-30,8*	-25,0	+8,2	+13,8	-29,1	-53,1	-62,8	-11,1
8. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	+53,3	+15,0	+46,5	-23,1	0	+41,5	-15,0	-35,7	+34,7	-14,0	-20,3*
<i>Сорт Блюкроп</i>											
2. N ₆₀	+61,9*	+11,8	-18,8	-41,7*	0	+24,5	+62,4	-14,6	-34,8	0	+19,6
3. P ₆₀	+35,7	+29,4	+4,2	-16,7	0	+21,5	+82,0	+39,7	-26,1	+74,1	+55,3
4. K ₆₀	+4,8	-5,9	+25,0	-25,0	0	+6,7	+45,3	-1,4	-37,0	-44,4	+14,7
5. N ₆₀ P ₆₀	+65,5*	+29,4	-12,5	-33,3	0	+30,7	+56,7	+3,6	+2,2	-70,4*	+24,2
6. N ₆₀ K ₆₀	+40,5	+5,9	+14,6	-33,3	0	+23,9	-17,6	+9,1	-50,0	-55,6	-11,2
7. P ₆₀ K ₆₀	+1,2	+29,4	+16,7	-25,0	+33,3	+7,4	+14,7	+17,4	-43,5	-55,6	+7,3
8. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	+48,8	+29,4	+25,0	-33,3	+33,3	+34,4	+198,4	+23,7	-34,8	-22,2	+96,1*
<i>Сорт Нельсон</i>											
2. N ₆₀	+13,7	+37,5	0	-22,2	0	+10,2	-13,1	+69,5	+3,2	-39,3	+7,4
3. P ₆₀	+7,4	+31,2	+4,5	-22,2	0	+7,2	-24,1	-8,4	-32,2	-53,6	-21,9
4. K ₆₀	-4,2	+6,2	+29,5*	0	0	+6,0	-18,3	+3,2	-38,7	-53,6	-15,5
5. N ₆₀ P ₆₀	+29,5	+31,2	0	-33,3	0	+18,7	-21,4	-11,0	+3,2	+35,7	-14,9
6. N ₆₀ K ₆₀	+16,8	-12,5	+20,5*	-33,3	0	+12,0	-2,0	-7,1	-9,7	+25,0	-2,3
7. P ₆₀ K ₆₀	-7,4	+31,2	+22,7*	-12,5	0	+4,2	+2,8	0	+38,7	+17,9	+4,6
8. N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	+46,3	+31,2	+25,0*	0	0	+36,7	+7,3	-3,2	-22,6	-50,0	+0,5

* Статистически достоверные различия при $P < 0,05$.

гических факторов, обусловил заметное нивелирование исследуемых межвариантных различий. Тем не менее для создания представления о направленности тенденций в характере сдвигов в накоплении макро- и микроэлементов в плодах голубики на удобренном агрофоне мы сочли возможным ориентироваться на относительные размеры различий с контролем во всех вариантах опыта, в том числе и не подтвержденные статистически при заданном уровне доверительной вероятности (табл. 2).

Как и следовало ожидать, внесение минеральных удобрений способствовало активизации накопления входящих в их состав питательных элементов в плодах голубики. Так, во всех вариантах опыта с использованием азотного удобрения отмечено увеличение в последних содержания N. У раннеспелого сорта наиболее заметным (на 53%) оно оказалось в N_{60} и $N_{60}P_{60}K_{60}$, у среднеспелого же во всех вариантах опыта с внесением данного элемента наблюдалось обогащение им его плодов на 40–65%, причем в N_{60} и $N_{60}P_{60}$ оно имело достоверный характер. У позднеспелого сорта эффект от внесения азотного удобрения был намного слабее (в пределах 13–29%), и лишь в $N_{60}P_{60}K_{60}$ различия с контролем в содержании в плодах элемента составили 46%. Обращает на себя внимание тот факт, что внесение одного азотного удобрения стимулировало на 12–37% накопление в плодах голубики P, особенно у позднеспелого сорта, что свидетельствует о синергизме этой пары элементов в процессе их поступления в растения, но вместе с тем ингибировало на 12–19% накопление в плодах ранне- и среднеспелого сортов K, при отсутствии влияния на его содержание в плодах позднеспелого сорта, что косвенно указывало на антагонистический характер взаимодействия между N и K.

Активизация накопления в плодах голубики P при усилении фосфорного питания более заметно проявилась у средне- и позднеспелого сортов голубики, нежели у раннеспелого, составив у первых двух 29–31%, у последнего – 5–25%, причем ни в одном случае различия с контролем не нашли статистического подтверждения. Заметим, что раздельное внесение фосфорного удобрения, в свою очередь, стимулировало на 7–54%, особенно у раннеспелого сорта, накопление в плодах N и весьма незначительно (на 4–12%) K, что подтверждало наличие синергизма между P и N и в меньшей степени между P и K.

Во всех вариантах полевого опыта с внесением калийного удобрения отмечено увеличение содержания входящего в их состав элемента в плодах раннеспелого сорта на 35–46%, среднеспелого – на 14–25 и позднеспелого сорта – на 20–30%, причем у последнего из них расхождения с контролем во всех случаях носили достоверный характер. При этом, как правило, наиболее заметный эффект от внесения калийного удобрения наблюдался в K_{60} и $N_{60}P_{60}K_{60}$. При внесении одного калийного удобрения прослеживались слабо выраженные тенденции к ослаблению аккумуляции N в плодах ранне- и позднеспелого сортов голубики, на фоне ее незначительной активизации в плодах среднеспелого сорта, что сопровождалось некоторым обогащением плодов позднеспелого сорта P и адекватным ему по размерам обеднением данным элементом плодов среднеспелого сорта при отсутствии изменений в его содержании в плодах раннеспелого сорта. Наличие показанного выше антагонизма между K и N в процессе поступления в растения, равно как и определенного синергизма между K и P, как видим, в данном случае проявилось намного слабее.

Внесение же с удобрениями парных комбинаций элементов, напротив, выявило наличие антагонизма между P и K. Это подтверждалось ингибированием на 12% накопления K в варианте опыта $N_{60}P_{60}$ в плодах ранне- и среднеспелого сортов голубики при отсутствии изменений в его содержании в плодах позднеспелого сорта. Заметное ограничение в варианте $N_{60}K_{60}$ поступления в плоды ранне- и особенно позднеспелого сортов голубики P, несмотря на слабую активизацию его накопления в плодах среднеспелого сорта, указывало на антагонистический характер взаимодействия между K и P при внесении данных элементов в паре с N. Совместное же внесение калийного и фосфорного удобрений либо снижало содержание N в плодах голубики, либо оставляло его без изменений.

Несмотря на использование в полевом опыте только трех видов минеральных удобрений, дополнительное поступление в растения с корневым питанием N, P и K оказало заметное влияние на темпы мобилизации из субстрата остальных химических элементов. Так, во всех удобрявшихся вариантах опыта наблюдалось снижение на 12–41% содержания Ca в плодах голубики, имевшее наиболее выраженный характер у ее средне- и особенно раннеспелого сорта, у которого ограничение его поступления сочеталось с ослаблением аккумуляции Mg.

Что касается микроэлементов, то в характере их поведения на удобренном агрофоне доминировали отрицательные тенденции, указывающие на ослабление их аккумуляции в плодах голубики (см. табл. 2). Несмотря на практически полное отсутствие статистически значимых различий с контролем параметров накопления данных элементов из-за высокого уровня их вариабельности в 3-летнем цикле наблюдений, относительные размеры снижения их содержания в плодах были весьма существенны и достигали 60–70%. При этом и частота, и степень проявления отрицательных тенденций в накоплении микроэлементов в значительной степени определялись сортовой принадлежностью опытных растений. К примеру, у раннеспелого сорта они являлись абсолютно преобладающими для Mn, Zn и Cu, тогда как для Fe примерно в половине удобрявшихся вариантов опыта были отмечены позитивные тенденции в изменении параметров накопления. У среднеспелого сорта на удобренном агрофоне для Fe и Mn было показано преимущественное усиление накопления, тогда как для Zn и Cu, как и у раннеспелого сорта, – его ослабление. У позднеспелого сорта поведение микроэлементов было не столь однозначным, причем для Fe, Mn и Zn установлено в основном снижение содержания, тогда как для Cu в вариантах опыта с внесением удобрений в парных комбинациях, напротив, его увеличение.

Нетрудно убедиться в существовании в рамках полевого опыта определенного антагонизма в накоплении в плодах голубики N, P и K, с одной стороны, и Ca, Mg, а также микроэлементов – с другой, наиболее отчетливо проявившегося у раннеспелого сорта. Вместе с тем для двух других модельных сортов показано ослабление антагонистического характера взаимодействия вносимых основных элементов питания с Mg, на фоне проявления у них отчетливого синергизма с Fe и Mn у среднеспелого сорта и отчасти с Cu у позднеспелого сорта.

Закключение. В результате многолетних исследований влияния минеральных подкормок азотными, фосфорными и калийными удобрениями на элементный состав плодов голубики высокорослой в опытной культуре в Белорусском Полесье было установлено, что в большинстве вариантов опыта они способствовали увеличению содержания в плодах N на 10–65%, P – на 5–37 и K – на 4–46%, при наиболее выраженном эффекте при раздельном внесении каждого из них, а также в варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$. Наибольшая отзывчивость на азотные удобрения отмечена у раннеспелого и особенно среднеспелого сортов голубики, на фосфорные – у среднеспелого и в большей степени позднеспелого сортов, на калийные – у раннеспелого сорта.

Накопление в плодах основных питательных элементов протекало на фоне выраженного синергизма между N и P при раздельном их применении и антагонизма между P и K при внесении данных элементов в паре с N. Минеральные подкормки существенно (до 70%) ингибировали поступление Ca, Mg и микроэлементов в генеративные органы преимущественно раннеспелого сорта голубики, но заметно стимулировали накопление в них Fe и Mn у среднеспелого сорта и Cu у позднеспелого.

Литература

1. Гармаш Г. А. Содержание свинца и кадмия в различных частях картофеля и овощей, выращенных на загрязненной этими металлами почве // Химические элементы в системе «почва-растение». Новосибирск, 1982. С. 105–110.
2. Гримашиевич В. В. Ресурсы голубики в Полесье и перспективы их использования // Ресурсы дикорастущих плодово-ягодных растений, их рациональное использование и организация плантационного выращивания в свете решений Продовольственной программы СССР. Гомель, 1983. С. 165.
3. Ильин В. Б. Элементный химический состав растений. Факторы его определяющие // Изв. Сиб. отд. АН СССР. Сер. биол. наук. 1977. Вып. 2, № 10. С. 3–14.
4. Ильин В. Б. Элементный химический состав растений. Новосибирск, 1985.
5. Ильин В. Б., Степанова М. Д., Гармаш Г. А. Некоторые аспекты загрязнения среды: тяжелые металлы в системе «почва-растение» // Изв. Сиб. отд. АН СССР. Сер. биол. наук. 1980. Вып. 3, № 15. С. 89–94.
6. Курсанов А. Л. Транспорт ассимилятов в растении. М., 1976.
7. Лакин Г. Ф. Биометрия. М., 1980.
8. Ринькис Г. Я. Оптимизация минерального питания растений. Рига, 1972.
9. Рупасова Ж. А., Игнатенко В. А., Русаленко В. Г., Рудаковская Р. Н. Развитие и метаболизм кюквы крупноплодной в Белорусском Полесье. Мн., 1989.
10. Сенчук Г. В., Борух И. Ф. // Растительные ресурсы. 1976. Т. 12, вып. 1. С. 113–117.
11. Скрипниченко И. И., Золотарева Б. Н. // Агрохимия. 1980. № 9. С. 110–115.

12. Фоменко К. П., Нестеров Н. Н. // Химия в сельском хозяйстве. 1971. № 10. С. 72–74.
13. Яковлев А. П., Рупасова Ж. А., Волчков В. Е. Культивирование клюквы крупноплодной и голубики топяной на выработанных торфяниках севера Беларуси (оптимизация режима минерального питания). Мн., 2002.
14. Austenfeld F. A. Zur Phytotoxizität von Nickel – und Kobaltsalzen in Hydroculture bei *Phaseolus vulgaris* L. // Z. Pflanzenernähr. und Bodenkunde. 1979. Bd. 142, N 6. S. 769–777.
15. John M. K. Mercury uptake from soil by various plant species // Bull. Envir. Cont. Toxicol. 1972. Vol. 8. P. 77–88.
16. Kampе W. Schwermetall kontamination bei Pflanzen // Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 36. 1980. S. 322–335.
17. Stanislavlievic M., Jokovic P. Hemijske osoline ploda u nekin sorti visokozbunaste borovnice // Jugosl. vocar. 1987. 21, N 1. P. 9–16.

*Zh. A. RUPASOVA, V. A. IGNATENKO, R. N. RUDAKOVSKAYA, N. P. VARAVINA,
T. I. VASILEVSKAYA, N. N. RUBAN, A. P. YAKOVLEV*

INFLUENCE OF MINERAL SUPPLEMENTS ON ELEMENT COMPOSITION OF BERRIES OF HIGH-BUSH BLUEBERRY AT PROPERTIES OF BYELORUSSIAN POLESYE

Summary

The results of 4-years researches of elementary composition of berries of 3 sorts of high-bush blueberry of different ripeness in a field experiment having 8-variant scheme of $N_{60}P_{60}K_{60}$ introducing in organic and mineral mixture at Byelorussian Polesie have been given. Introducing of mineral fertilizers was shown to promote enhancing of main nutrient elements content in the majority of experiments variants at the most expressing effect at separate addition of each of them. Presence of synergism between N and P at their separate application and antagonism between P and K at addition of these elements together with N has been stated. Mineral supplements essentially inhibited entering of Ca, Mg and microelements into generative organs of early-ripe blueberry mainly, but they stimulated accumulation of Fe and Mn in them in moderate ripe sort and that of Cu in late-ripe sort.